

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství

Obor: 3909T010 – Inovační inženýrství

INOVACE POHONU OSY-B U 4-OSÉHO HORIZONTÁLNÍHO OBRÁBĚCÍHO CENTRA.

INNOVATION DRIVE AXIS-B AT 4-AXIS HORIZONTAL MACHINING CENTER.

Diplomová práce

Autor: Bc. Michal Chytrý

Vedoucí práce: Prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Konzultant: Josef Bernard (VAPOS spol. s r.o.)

Počet stran: 74

Počet stran příloh: 19

Počet tabulek: 5

Počet obrázků: 24

V Jičíně 16.5.2011

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi, CSc. za odborné vedení a poskytnutí mnoha cenných rad při zpracovávání této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval panu Josefovi Bernardovi za odborné rady týkající se návrhu pohonu. Také bych rád poděkoval panu Ing. Martinovi Kukačkovi za poskytnutí rad a podkladů týkajících se konstrukce pohonu. Bez pomoci těchto dvou lidí by nebylo možné diplomovou práci zpracovat.

Rád bych poděkoval kolektivu zaměstnanců firmy VAPOS spol. s r.o., který mi byl ochoten předávat zkušenosti a podklady spojené s vypracováním diplomové práce.

Práce byla vytvořena za podpory studentské grantové soutěže.

INOVACE POHONU OSY-B 4 OSÉHO HORIZONTÁLNÍHO OBRÁBĚCÍHO CENTRA

ANOTACE:

Diplomová práce pojednává o provedení inovace osy-B u obráběcího centra PHC-630-4x-2P. Na úvod dochází k seznámení s dosavadním stavem. Jsou představeny čtyři varianty pohonu. První varianta popisuje stávající stav a provedení pohonu. Zbýlé tři varianty jsou vlastní návrhy vyplývající z této diplomové práce. Z těchto čtyř variant je vybrána ta, která nejvíce splňuje požadavky firmy VAPOS spol s.r.o.. Hlavními požadavky jsou snížení ceny pohonu, snížení hmotnosti pohonu a docílení lepší opravitelnosti v rámci firmy. Dochází k podrobnému seznámení s vybranou variantou a k vypracování její výkresové dokumentace. U vybrané varianty je provedeno ekonomické zhodnocení. V závěru práce jsou shrnuty a vyhodnoceny dosažené cíle.

Klíčová slova: osa-B

pohon

inovace

prstencový motor

převodovka Spinea

INNOVATION DRIVE AXIS-B 4 AXIS HORIZONTAL MACHINING CENTER.

ANNOTATION:

In the thesis is solved innovation of B-Axis for machining center PHC-630-4x-2P. Identification with current status was made. In thesis is showed 4 variations of drive unit. 1st variation describes current status and design of the unit. Other three variations are my own concepts. From these four variations was chosen the best one suits for VAPOS spol. s r.o. requests. Primary requests were to decrease the price and weight of the unit and improve maintenance ability within the frame of company. Detailed identification with chosen variation and making of drawings are done. Economics evaluation is made. At the end of the thesis is summary and evaluation of reached goals.

keywords: B-axis

drive

torque motor

innovations

transmission Spinea

OBSAH

1. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	9
2. FIRMA VAPOS SPOL. S R.O.	10
3. STÁVAJÍCÍ STROJ PHC-630-4x-2P.....	11
3.1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE STROJE.....	11
3.1.1 HLAVNÍ PARAMETRY STROJE.....	12
3.1.2 KAZETOVÝ SYSTÉM	14
3.2 OSA-B.....	15
4. STANOVENÍ HLAVNÍCH POŽADAVKŮ NA POHON.....	16
5. PŘEDSTAVENÍ ČTYŘ VARIANT POHONŮ	18
5.1 PRVNÍ VARIANTA – STÁVAJÍCÍ STAV ŘEŠENÍ	18
5.2 DRUHÁ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH	21
5.3 TŘETÍ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH	25
5.4 ČTVRTÁ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH.....	28
6. ZHODNOCENÍ ČTYŘ NAVRHOVANÝCH VARIANT	31
6.1 VARIABILITA	31
6.2 CENA.....	32
6.3 HMOTNOST KONSTRUKCE.....	33
6.4 PŘESNOST POLOHOVÁNÍ.....	34
6.5 OPRAVITELNOST V RÁMCI FIRMY	34
6.6 VELIKOST KROUTÍCÍHO MOMENTU	35
6.7 POTŘEBA CHLAZENÍ POMOCÍ CHLADICÍ KAPALINY	36
6.8 SNADNOST MONTÁŽE.....	36
6.9 OTÁČKY:.....	39
6.10 NEŽÁDOUCÍ MAGNETISMUS:	39
6.11 POROVNÁNÍ S OHLEDEM NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	40
7. ZHODNOCENÍ VÝBĚRU VARIANT	43
8. ZÁVĚR	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Stroj PHC-630-4x-2P	11
Obr. 2. Nomenklatura os stroje PHC-630-4x-2P	12
Obr. 3. Kazeta (pohled na upínací část obrobku a upínací část ke stolu)	14
Obr. 4. Osa-B	15
Obr. 5. Týmová porada	16
Obr. 6. Otočný stůl DTE 520.OV-631.852.....	20
Obr. 7. Uložení otočného stolu v ose-B.....	20
Obr. 8. Prstencový motor od firmy VUES.....	22
Obr. 9. RCN 228.....	23
Obr. 10. Ložisko YRTS	24
Obr. 11. Uložení indexovacího stolu v ose-B.....	26
Obr. 12. Převodovka SPINEA TS 240	27
Obr. 13. Hydraulická brzda KMB 80 H.....	29
Obr. 14. Neoprenový ozubený řemen	30
Obr. 15. Uložení pohonu se SPINEOU, hydr. brzdou a absolutním odměřováním	30
Obr. 16. Vybraná varianta pohonu.....	43
Obr. 17. Původní skříň osy-B	44
Obr. 18. Upravená skříň osy-B	44
Obr. 19. Uložení počítaných šroubů	47
Obr. 20. Zatížení šroubů	48
Obr. 21. Modální analýza, porovnání inovované a původní skříně osy-B	49
Obr. 22. Modální analýza VODÍČÍHO ČEPU	50
Obr. 23. Rozložení zatížení na NOSIČI BRZDY	50
Obr. 24. Průběh zatížení NOSIČE BRZDY kroutícím momentem	51

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Ceny hlavních nakupovaných dílů na stroj PHC-630-4x-2P.....	9
Tab. 2. Základní požadavky na pohon	16
Tab. 3. Rozhodovací tabulka	42
Tab. 4. Kalkulace pohonu	52
Tab. 5. Porovnání zadaných a dosažených parametrů	54

1. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo provést inovaci pohonu osy-B u 4 osého horizontálního obráběcího centra PHC-630-4x-2P. Snahou inovace je optimalizace celé koncepce stroje tak, aby co nejvíce splňoval požadavky, které jsou na stroj kladeny. Požadavky na koncepci stroje vyplývají z charakteru výroby, pro kterou jsou stroje v rámci firmy VAPOS spol. s r.o. využívány. Tyto požadavky a poznatky jsou shromažďovány v reálném provozu firmy. Osa-B tvoří nosnou část celého stroje z tohoto důvodu je na její konstrukci kladen velký důraz. Firma VAPOS spol. s r.o. si v současné době obráběcí centra vyrábí pouze pro své účely a využívá je ve svých obrobech. Stroje jsou po vyrobení a sérii testů nasazeny do sériové výroby firmy VAPOS spol. s r.o..

V současné době firma využívá k pohonu osy-B kompaktní otočný stůl od firmy Franz Kessler GmbH. Jedná se o standardně vyráběný a dodávaný otočný stůl.

Hlavním důvodem pro inovaci pohonu je snížení ceny, která se promítá do celkové ceny stroje. Jelikož firma vyrábí stroje pouze pro své účely je velký tlak na snížení investic vstupujících do stavby stroje. Pohon osy-B tvoří druhý nejdražší nakupovaný komponent viz tabulka 1. Z tohoto důvodu je snaha o snížení ceny pohonu minimálně o 50%.

řídící systém Sinumerik 840 D Power firma Siemens	35 700 eur
otočný stůl DTE 520.OV-631.851 firma Franz Kessler GmbH	31 600 eur
vřeteno DMS 112.AM-631.853 firma Franz Kessler GmbH	14 750 eur
lineární vedení a kuličkové šrouby firma Bosch Rexroth spol.s r.o.	11 400 eur

Tab. 1. Ceny hlavních nakupovaných dílů na stroj PHC-630-4x-2P

Další nevýhodou při výrobě stroje je příliš vysoká hmotnost současného pohonu. Proto se i toto stává cílem diplomové práce. Hmotnost má negativní vliv na velikost pohyblivé hmoty na ose-x. Z tohoto důvodu by měla být snížena minimálně o 40% oproti stávajícímu stavu.

Následujícím cílem této práce, je navrhnout pohon tak, aby byl v rámci firmy velmi snadno opravitelný. Jelikož jsou stroje hned po vyrobení nasazovány do výrobního procesu, je velmi důležité, aby pracovníci firmy byli schopni co možná

nejrychleji reagovat na případné poruchy pohonu. Je snahou, aby docházelo k co možná k nejmenším prostojům ve výrobním procesu. V současné době používaný pohon je v rámci firmy neopravitelný. Zároveň je cena pohonu příliš vysoká na to aby, bylo možné mít jej na skladě náhradních dílů. Musí být využit autorizovaný servis. Pokud dojde k poruše tohoto pohonu, bude to mít neblahý vliv na výrobní proces. Jelikož firma vyrábí v nepřetržitém provozu, znamenalo by dlouhodobé odstavení stroje vysokou ztrátu, která by měla za následek ohrožení dodávek zákazníkovi. Z těchto důvodů je snahou vytvořit co možná nejjednodušší pohon, který bude snadno opravitelný přímo v mateřské firmě.

Na toto téma jsou v této práci mezi sebou vzájemně porovnány čtyři varianty pohonů. Jednou z variant je použití stávajícího otočného stolu. Další tři varianty jsou předmětem řešení diplomové práce.

Dojde k zhotovení výkresové dokumentace sestavy a nejvhodnější vybrané varianty včetně podsestav.

V závěru práce bude provedeno ekonomické zhodnocení nové varianty a porovnání se stávajícím stavem. Na úplný závěr bude provedeno zhodnocení splnění stanovených cílů.

2. FIRMA VAPOS SPOL. S R.O.

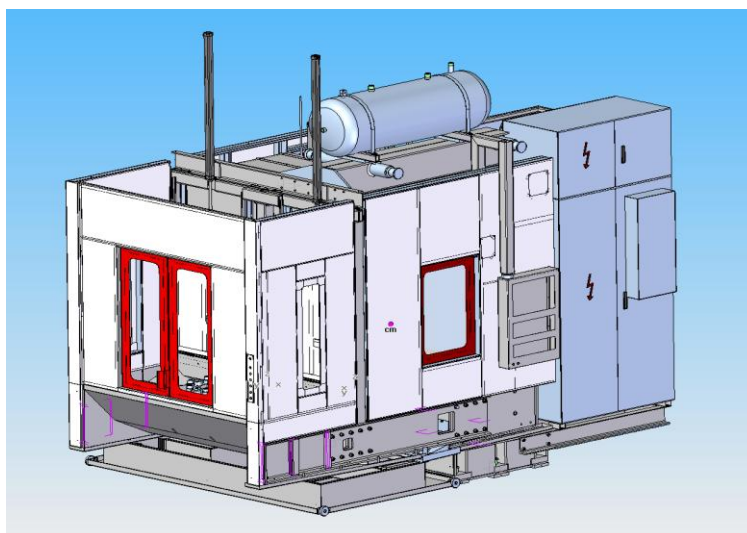
Diplomová práce byla zpracovávána ve firmě VAPOS spol. s r.o., založené v roce 1990. Ve svých počátcích se firma zabývala výrobou a vývojem dřevoobráběcích strojů. V roce 1996 začala vyvíjet a vyrábět vertikální obráběcí centra. Od roku 1999 VAPOS spol. s r.o. úzce spolupracuje s firmou TRW Automotive Czech s.r.o. v Jablonci nad Nisou, pro kterou obrábí držáky brzd. V roce 2003 rozšiřuje svůj výrobní sortiment o tažná zařízení pro firmu Prof Svar Mnichovo Hradiště. Současně firma stále vyrábí vertikální obráběcí centra jak pro své výrobní účely, tak i pro externí zákazníky. V roce 2007 firma zahájila, ve spolupráci s Ministerstvem průmyslu a obchodu, vývoj 5-ti osých a 4 osých horizontálních obráběcích center. Vývoj byl veden v rámci programu IMPULS. V roce 2009 se firma účastnila MSV v Brně, kde vystavoval svoji verzi 4 osého horizontálního obráběcího centra. Vystavovaný stroj byl v provedení PHC-630-4x-4P, stroj byl doplněn o manipulátor kazet. Z koncepce tohoto stroje vyplývá současný výrobní program strojů, které firma vyrábí. Firma je rozdělena na dvě

sekce. Jedna sekce se zabývá výrobou horizontálních obráběcích center, které jsou vyráběny pouze pro pokrytí výrobních kapacit držáků brzd. Firma tyto stroje v současné době nenabízí externím zákazníkům. Druhá sekce se zabývá obráběním držáků brzd pro firmu TRW Automotive Czech s.r.o.. Sortiment obráběných dílů je velmi rozsáhlý. Je zde obráběno 19 typů držáků pro pět světových automobilek. Konečnými zákazníky těchto výrobků jsou BMW, Peugeot, Renault, VW, Mercedes-Benz.

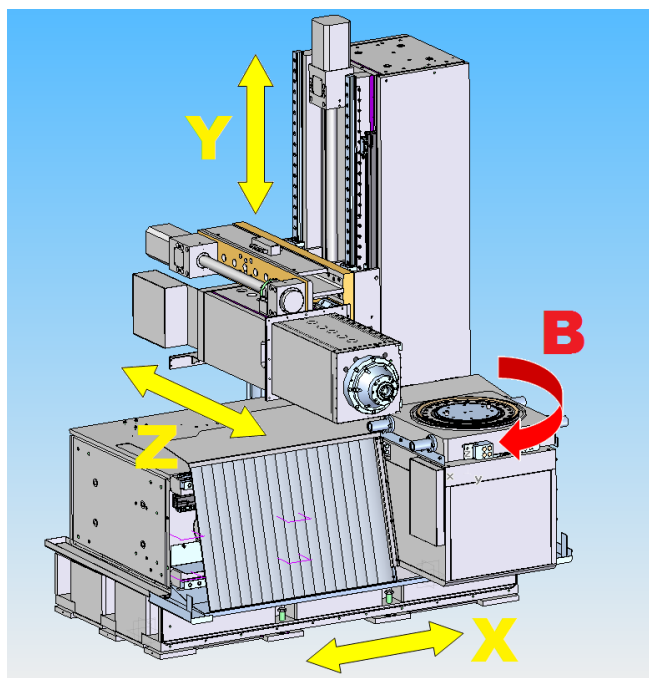
3. STÁVAJÍCÍ STROJ PHC-630-4x-2P

Právě pro tento typ stroje jsou v diplomové práci zpracovány a vyhodnoceny navržené inovace. Jedná se o 4 osé horizontální obráběcí centrum určené pro středně sériovou výrobu. Stroj využívá dvoukazetovou výměnu obrobku, přičemž jedna kazeta je v pracovním prostoru stroje a druhá je ve stanici výměny obrobku. Dvoukazetová výměna obrobku umožňuje velmi produktivní výrobu. Základní kostra stroje je vyrobena jako svařenec, který je vyplněný speciální směsí betonu ke snížení vibrací a k zvýšení tuhosti konstrukce. Jako řídicí systém je použit systém od firmy Siemens Sinumerik 840 D Power.

3.1 ZÁKLADNÍ KONCEPCE STROJE



Obr. 1. Stroj PHC-630-4x-2P



Obr. 2. Nomenklatura os stroje PHC-630-4x-2P

3.1.1 HLAVNÍ PARAMETRY STROJE

Pojezdy:

Příčné přestavení stolu (osa X):	900mm
Svislé přestavení vřeteníku (osa Y):	900mm
Výsuv vřeteníku (osa Z):	600mm

Posuvy:

Rychloposuvy x,y,z:	60m.min ⁻¹
Zrychlení:	6m.s ⁻²

Kazety:

Maximální průměr obrobku:	900mm
Maximální výška obrobku:	900mm
Velikost kazety:	630mm x 630mm
Hmotnost kazety:	300kg
Maximální hmotnost obrobku:	800kg

Elektrovřeteno:

Franz Kessler GmbH DMS 112.AM-631.853

Upínací kužel: HSK - 63 A DIN 69893

Otáčky: 15 000min⁻¹

Krouticí moment S1/S6: 160/200Nm

Výkon motoru vřetene: 25/31kW

Osa-B:

Otáčky: 100min⁻¹

Krouticí moment S1/S6: 1200/1600Nm

Brzdňý moment: 3500Nm

Pohon: přímý, prstencový motor

Odměřování: přímé, absolutní

Zásobník nástrojů:

Kapacita: 40 pozic

Upínací kužel: HSK - 63 A DIN 69893

Max. průměr nástroje: 77mm

Max. délka nástroje: 350mm

Hmotnost nástroje: 8,5kg

Výměna nástroje: 1,6s

Přesnost stroje:

Odměřování lineárních os: přímé; absolutní

Přesnost polohování: ± 0,003mm

Opakovaná přesnost: ± 0,002mm

Ostatní parametry:

Řídící systém: Siemens Sinumerik 840 D

Půdorys stroje (d x š x v): 4540 x 2400 x 3900mm

Příkon stroje S1/S6: 40/60kVA

Hmotnost stroje: 14 200kg

Pohony os X, Y, Z:

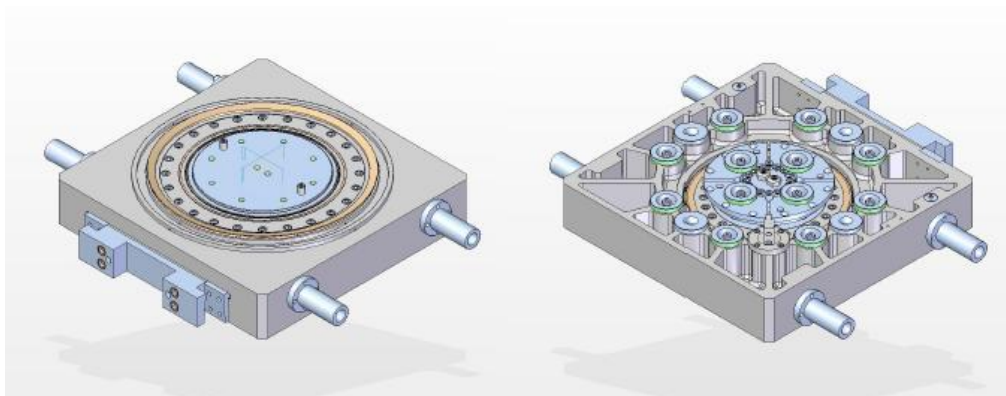
digitální servomotory s absolutním odměřováním

3.1.2 KAZETOVÝ SYSTÉM

Kazeta je určena k upínání obrobků o maximálním průměru 900mm a výšce 900mm. Nejvyšší hmotnost upnutého obrobku může být 800kg. Tělo kazety je vyrobeno z šedé litiny. Kazeta je pevně spojena pomocí hydraulických upínačů k nosné části skříně osy-B. V kazetě je umístěno radiálně-axiální ložisko, které umožňuje rotační pohyb středu kazety. Střed kazety je unášen pomocí hydraulické bezvůlové spojky. Ložisko umístěné v kazetě přenáší zatížení od hmotnosti obrobku, výslednici řezných sil z obrábění a klopné momenty. Toto je velkou výhodou kazetového systému, pohon osy-B tak nemusí přenášet žádné z uvedených druhů zatížení. Což je výhoda oproti běžně vyráběným obráběcím centrům. Pohonná jednotka může být výrazně zjednodušená a její ložisko může být dimenzováno pouze na silové zatížení od pohonu. To vede k výraznému zvýšení životnosti rotační jednotky a k redukci její ceny. Ložisko je umístěno co nejblíže k obrobku, tím dochází k zvýšení celkové tuhosti stroje mezi obrobkem a nástrojem. Kazetový systém umožňuje rychlou výměnu a seřízení obrobků. Každá kazeta je vybavena čipem, který přesně identifikuje o kterou kazetu se jedná, není problém propojit danou kazetu s příslušným obráběcím programem. Na kazetu lze upnout univerzální sklíčidlo a koník, které umožňuje soustružení.

Výhody kazetového systému

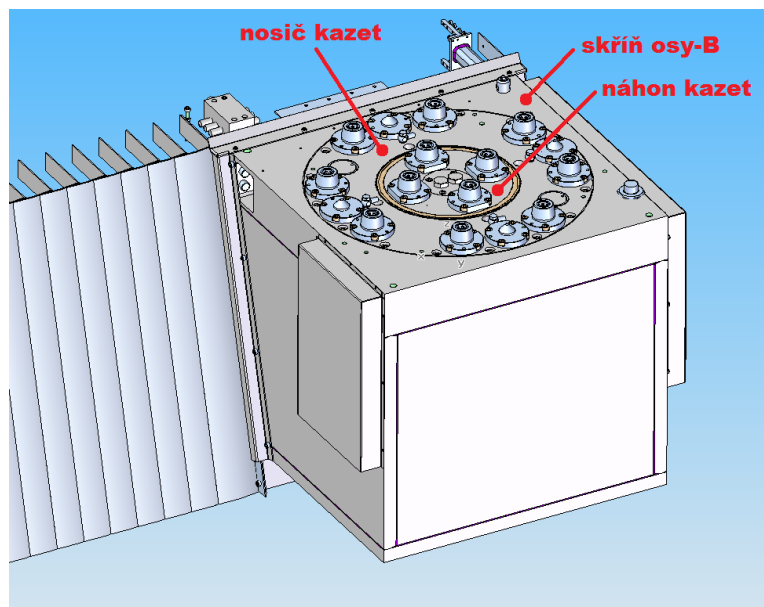
- zjednodušení pohonu rotační osy-B a zvýšení její životnosti
- možnost využití soustružení, soustružnické frézování a frézování
- lze volit velikosti ložiska v kazetě podle velikosti a druhu obrobku
- zvýšení tuhosti stroje
- výrazné snížení seřizovacích časů na stroji



Obr. 3. Kazeta (pohled na upínací část obrobku a upínací část ke stolu)

3.2 OSA-B

Hlavními částmi osy-B je skříň osy-B, otočný stůl, náhon kazet a nosič kazet. Celková hmotnost pohybující se hmoty bez obrobku je v současné době 1300kg. Skříň je vyrobena jako ocelový svařenec s vnitřními žebry. Případně je možné skříň vyrobit jako odlitek z prokalitelného hliníku. U odlitku docílíme snížení hmotnosti pohyblivé hmoty cca o 60%. V rámci projektu jsou porovnávány čtyři varianty pohonu otočného stolu. Otočný stůl obsahuje čtyři hydraulické přívody a jeden přívod stlačeného vzduchu případně oplachové kapaliny. Dvě hydraulické cesty na upínání a odepínání obrobku na kazetě. Dvě cesty, které umožní spojení náhonu kazety s rotačním středem kazety. Přívod stlačeného vzduchu případně oplachové vody zajišťuje očištění upínacích kuželů od případných nečistot (třísek). Nosič kazet je osazen osmi hydraulickými upínači, které zajišťují spojení pevné části kazety s otočným stolem. Otočný stůl je vybaven čtečkou kazet, která slouží k identifikaci druhu kazety. Ve skříni je osazen systém hlídání polohy kazety, který chybně upnutou kazetu nepustí do řezu.



Obr. 4. Osa-B

4. STANOVENÍ HLAVNÍCH POŽADAVKŮ NA POHON

Základní požadavky na pohon byly stanoveny v rámci týmu složeného ze zaměstnanců, kterých se stavba stroje nejvíce týká. Tým byl ve složení Michal Chytrý (konstruktér a autor diplomové práce), Ing. Martin Kukačka (šéfkonstruktér), Josef Bernard (ředitel a majitel firmy), Ing. Jiří Macák (vedoucí technického úseku).

Výrobky, které na strojích obrábíme, jsou podobného charakteru, proto lze specifikovat konkrétní požadavky na stroj.

<i>parametr</i>	<i>stávající parametry pohonu</i>	<i>nově stanovené parametry</i>
otáčky	max. 100ot/min	max. 40ot/min
kroutící moment	1200Nm	800Nm
brzdňý moment	3500Nm	3500Nm
přesnost polohování	$\pm 2,5''$	$\pm 2,5''$
chlazení	chlazení kapalinou	bez chlazení
ovládání brzdy	hydraulické tlak 60bar	hydraulické tlak max. 120bar

Tab. 2. Základní požadavky na pohon



Obr. 5. Týmová porada

Otáčky

Při obrábění jsou využívány přípravky, jejichž tvar tvoří rovnostranný trojúhelník. Při snížení otáček dojde k navýšení času otočení pohonu na další stranu přípravku o 0,3s. Toto navýšení se v celkových ztrátových časech při obrábění projeví jen minimálně.

Krouticí moment

V důsledku snížení otáček došlo také ke snížení požadavku na velikost kroutícího momentu.

Brzdný moment

Hodnota brzdného momentu byla zvolena stejná, jako u výchozí varianty viz tabulka 2. Důvodem stanovení vyššího brzdného momentu je neustálý vývoj technologie obrábění držáků a snaha o zaručení dostatečné tuhosti pohonu. I přesto, že současné době tak velký brzdný moment při obrábění nevyužíváme.

Výpočet maximální posuvové síly, která je vyvozena při obrábění současných dílů. Tato síla vzniká při vrtání hlubokých otvorů o průměru 10mm.

F_f = posuvová síla (N)

C_{Ff} = konstanta vyjadřující vliv obráběného materiálu

D = průměr vrtáku (mm)

X_{Ff} = exponent vyjadřující vliv průměru vrtáku

f = posuv vrtáku (mm/ot)

Y_{Ff} = exponent vyjadřující vliv posuvu na otáčku

$$F_f = C_{Ff} \cdot D^{X_{Ff}} \cdot f^{Y_{Ff}} = 630 \cdot 10^1 \cdot 0,23^{0,78} = 2002 \text{ N}$$

Výpočet momentu

r = vzdálenost vrtaného otvoru od středu pohonu (mm)

$$M_N = F_f \cdot r = 2002 \cdot 0,118 = 376,37 \text{ Nm}$$

Přesnost polohování

Firma na svých strojích obrábí díly, které jsou velmi náročné na přesnost. Tyto díly z hlediska bezpečnosti na automobilu patří do skupiny nejsledovanějších. Je kladen velký důraz na přesnost obráběcího stroje. Požadavkem je zachovat přesné polohování na stejné hodnotě jakou má stávající používaná varianta, která byla již ověřena v praxi a je plně vyhovující.

Chlazení

Pohon je chlazený pomocí chladicí kapaliny, s čímž souvisí i vybavení stroje chladicí jednotkou. Zároveň vzrůstá množství přívodů, které musí být do pohonu přivedeny. Toto vše se nepříznivě odráží na celkové ceně stroje. Nově navržený pohon by proto neměl vyžadovat chlazení pomocí chladicí kapaliny.

Ovládání brzdy

Jako nejvhodnější bylo vybráno ovládání brzdy pomocí hydrauliky. Hydraulické brzdy dokážou při malých zástavbových rozměrech vyvodit vysoký brzdný moment. Horní hranice ovládacího tlaku brzdy byla stanovena na základě maximálního tlaku, který je schopen vyvodit hydraulický agregát stroje.

5. PŘEDSTAVENÍ ČTYŘ VARIANT POHONŮ

Diplomová práce seznamuje se čtyřmi variantami pohonu. První varianta je již ve firmě používána a zbylé tři jsou vůči této variantě porovnávány. V rámci výběru variant jsou mezi sebou porovnávány hlavní nosné prvky každého pohonu.

5.1 PRVNÍ VARIANTA – STÁVAJÍCÍ STAV ŘEŠENÍ

Tato varianta využívá jako pohon osy-B standardně vyráběný a dodávaný otočný stůl DTE 520.OV-631.851 od firmy Franz Kessler GmbH dosahující 100ot/min. Tento prstencový pohon je plně variabilní dosahující velkou přesnost. Lze do prostoru osy-B usadit otočný stůl, který má 800ot/min. Díky vysokým otáčkám umožňuje otočný stůl soustružení podél osy-B. Osa musí být doplněna o univerzální sklíčidlo a koník.

OTOČNÉ STOLY

Jedná se o kompaktní pohonné jednotky. Nosnou část tvoří prstencový motor, který umožňuje dosažení velkého kroutícího momentu. Další velmi důležitou součástí otočného stolu je radiálně axiální ložisko YRTS, které zachycuje klopné momenty. Brzdňý moment je zajišťován pomocí hydraulické brzdy. Rotační odměřování zajišťuje odměřovací zařízení od firmy Heidenhain. Minimální krok polohy je určen minimálním krokem odměřovacího zařízení. Chlazení pohonu je provedeno buď vzduchem případně vodou.

Parametry otočného stolu od firmy Franz Kessler GmbH

DTE 520.OV-631.851

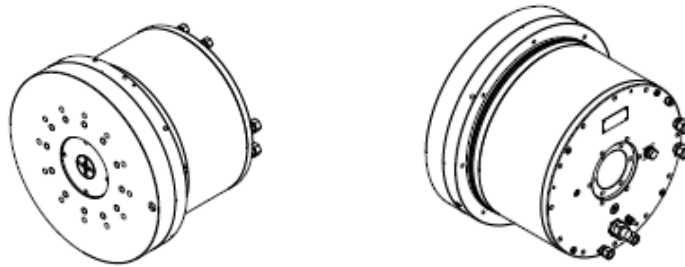
- Otáčky:	100min ⁻¹
- Kroutící moment:	1200Nm
- Brzdňý moment:	3500Nm
- Průměr stolu:	700mm
- Nosnost stolu:	1150kg
- Chlazení:	VODA 4bar
- Odměřovací zařízení RCN 228 přesnost:	±2“
- tlak oleje, který lze pustit do stolu přívodu:	150bar
- Tlak přívodního vzduchu:	1-2bar
- Použitá ložiska od firmy INA:	RTC 200, YRT, YRTS
- Hydraulické zpevnění brzdy:	60bar

Hlavní výhody

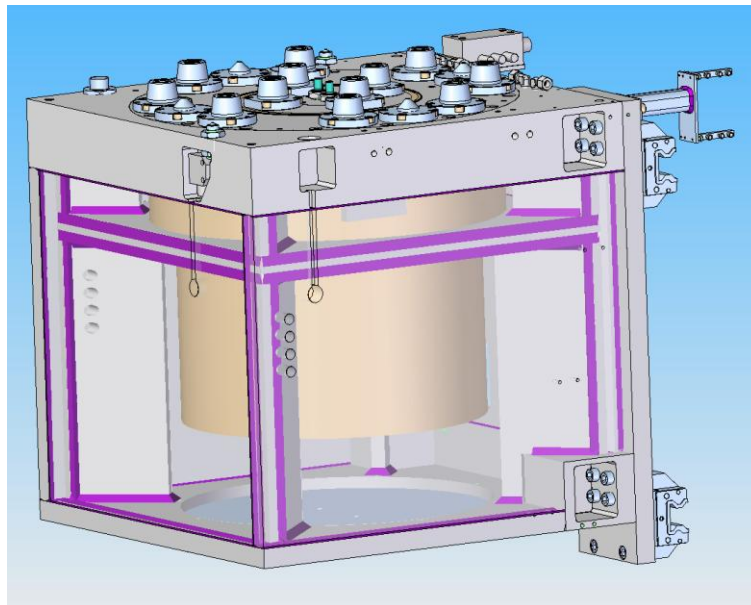
- vysoké úhlové zrychlení
- velká tuhost při polohování zařízení
- odpadá potřeba redukčních převodů pro snížení počtu otáček
- lze vytvořit bezvúlové spojení se strojem
- přesné polohování
- malé rozměry a hmotnost
- vysoký výkon při malém zástavbovém rozměru

Hlavní nevýhody

- menší odolnost proti působení rázových a řezných sil oproti pohonu s mechanickým převodem, který eliminuje působení těchto negativních vlivů přímo na motor
- vyšší nároky na regulaci (chybí mechanický člen)
- nerovnoměrnost chodu v důsledku přechodu mezi jednotlivými póly statoru
- potřeba chlazení v důsledku vzniku vysokého tepla uvnitř pohonu
- vysoká pořizovací cena
- vznik nežádoucího magnetismu, který negativně ovlivňuje přesnost upnutí kazety na stůl



Obr. 6. Otočný stůl DTE 520.OV-631.852



Obr. 7. Uložení otočného stolu v ose-B

5.2 DRUHÁ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH

Tato varianta spočívá v aplikaci jednotlivých částí prstencového pohonu přímo do skříně osy-B. Výhodou této varianty je přizpůsobení rozměrů a parametrů pohonu požadavkům, které jsou na pohon kladeny. Dojde k redukci rozměrů ložisek, snížení hmotnosti celé sestavy.

PRSTENCOVÉ MOTORY (torque motors)

Jedná se o servopohony, které umožňují vyvodit velký krouticí moment v klidové poloze nebo při malých otáčkách. Základní díly pohonu, stator a rotor mají tvar prstenců a mají tvar vhodný přímo do zástavby pohonu. Statorové vinutí je upevněno na rámu motoru a rotorovém prstenci, který má na svém obvodu upevněny permanentní magnety z materiálu NdFeB. Stator obsahuje velký počet pól-párů, umožňujících dosažení velkého krouticího momentu a velké torzní tuhosti při polohování pohonu. Často se využívají ložiska s vestavěným odměřovacím zařízením. U prstencových pohonů lze dosáhnout velmi nízkou hmotnost konstrukce. Prstencové pohony umožňují poměrně velký rozsah otáček. Ve vinutí se využívá většinou třífázový proud.

přední výrobci prstencových motorů

ETEL

VUES

SIEMENS

MOOG

FRANZ KESSLER GmbH

Pro předběžný návrh a případnou konstrukci byly zvoleny dva typy prstencových motorů jeden od firmy VUES Brno a.s. a druhý motor od firmy Siemens.

Zvolený typ motoru

firma Siemens

- 1FW 6230-0W
- maximální moment: 1980N.m
- trvalý moment: 1340N.m
- max. otáčky: 73min⁻¹
- hmotnost: 78kg
- rozměry - vnější průměr: 502mm
 - vnitřní průměr: 348mm
 - výška: 100mm

firma VUES

- ROL 420663
- maximální moment: 1290N.m
- trvalý moment: 975N.m
- max. otáčky: 200min⁻¹
- hmotnost včetně pláště: 79kg
- rozměry - vnější průměr: 420mm
 - vnitřní průměr: 300mm
 - výška: 125mm

Z těchto dvou motorů byl pro konečný návrh a konstrukci vybrán motor od firmy VUES Brno a.s. Tento motor má menší zástavbové rozměry a lépe vyhovuje aplikaci do skříně osy-B.



Obr. 8. Prstencový motor od firmy VUES

ODMĚŘOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Odměřovací zařízení bylo zvoleno od firmy Heidenhain. Toto zařízení umožňuje bezdotykové měření rotačních pohybů. Zajišťuje měření polohy konstrukční skupiny.

Zvolený typ odměřovacího zařízení

RCN 226 - počet impulsů na otáčku:	16384/ot
- přesnost:	$\pm 5''$
RCN 228 - počet impulsů na otáčku:	32768/ot
- přesnost:	$\pm 2,5''$

Z vybraných variant bylo vybráno odměřovací zařízení RCN 228, které dosahuje větší přesnosti. Zároveň je toto odměřovací zařízení použito v porovnávací variantě v otočném stole od firmy Franz Kessler GmbH.



Obr. 9. RCN 228

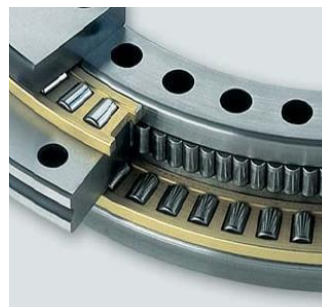
LOŽISKA

Pro konstrukci pohonu jsou volena axiálně radiální ložiska od firmy INA - YRT/YRTS. Typ YRTS (speed) jsou ložiska se shodnými zástavbovými rozměry, liší se výrazně v max. otáčkami a tuhostí.

Tuková náplň ložisek není doživotní, z tohoto důvodu, výrobce doporučuje periodické domazávání ložisek. V konstrukci pohonu musí být s tímto aspektem počítáno.

Předběžně bylo navrženo ložisko

- YRTS 200



Obr. 10. Ložisko YRTS

BRZDA

Pracovní osy jsou vždy vybaveny brzdami pro fixaci os v dané konstantní poloze.

Pro náročné aplikace jsou používány brzdy hydraulické nebo pneumatické. Jsou založeny na principu deformace kovového pístu, disku nebo prstence. Lze vyvodit tuhost až stovky Nm. V rámci brzdy dochází pouze k malým deformacím. Konstrukce brzdy je velmi přesná. V tomto provedení pohonu je předpoklad, že brzda bude celá vyrobena ve firmě Vapos. Brzdný moment je stanoven 3500Nm.

Výsledné parametry pohonu

otáčky:	200min^{-1}
krouticí moment:	1290Nm
brzdný moment:	3500Nm
přesnost polohování:	$\pm 2,5''$
potřeba chlazení:	pomocí chladicí kapaliny
ovládání brzdy:	hydraulické, tlak oleje 80bar

5.3 TŘETÍ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH

V tomto provedení je místo prstencového pohonu použit indexovací stůl. Tento indexovací stůl je celý vyroben ve firmě VAPOS. Pohon polohovacího zařízení je zajištěn pomocí synchronního motoru s absolutním odměřováním od firmy Siemens. Otáčky a kroutící moment motoru jsou upraveny pomocí převodovky SPINEA 240 viz příloha 1.

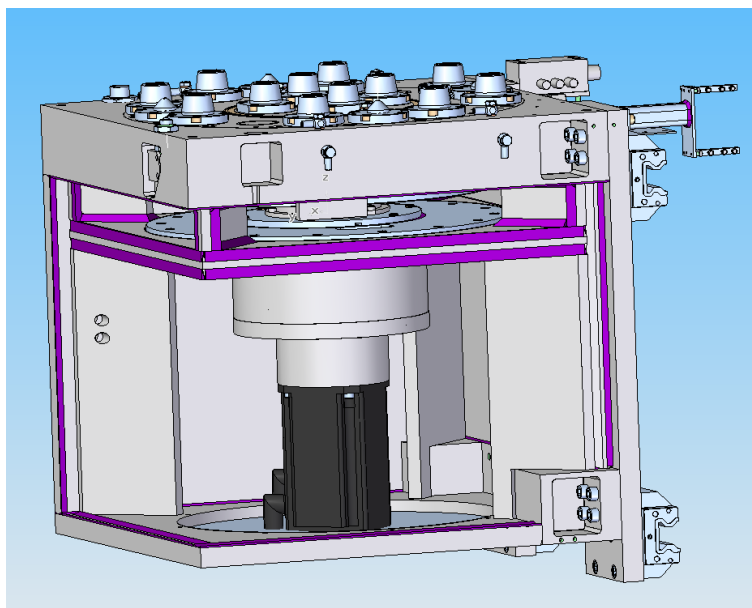
Tyto dva komponenty tvoří nosnou část celého polohovacího zařízení. Pohon umožňuje dělení po 15° a neumožňuje souvislé obrábění podél osy-B. Tento pohon osy-B nelze použít ve standardně vyráběných CNC strojích pro kusovou výrobu. Lze jej s výhodou využít u jednoúčelových strojů pro sériovou a hromadnou výrobu. Pro stroje které, si firma VAPOS vyrábí pro své výrobní účely a toto provedení plně postačuje.

Hlavní výhody

Výhodou tohoto provedení je snížení ceny celého pohonu cca. o 40-50%. Odpadá potřeba chlazení pohonu. Dojde ke snížení množství přívodů do pohonu. Odpadá potřeba domazávání ložisek. Dojde ke snížení výkonového modulu ze 160A na 16A. Toto provedení je velmi jednoduché. V rámci pohonu nevzniká nežádoucí magnetismus. Hmotnost celé soustavy je znatelně snížena.

Hlavní nevýhody

Nevýhodou provedení je snížení flexibility využití osy-B. Pohon lze využít pouze jako polohovací zařízení s dělením po 15° . Dojde ke snížení rychlostí a tím ke zpomalení celého času obrábění. Nelze dosahovat vysokých otáček.

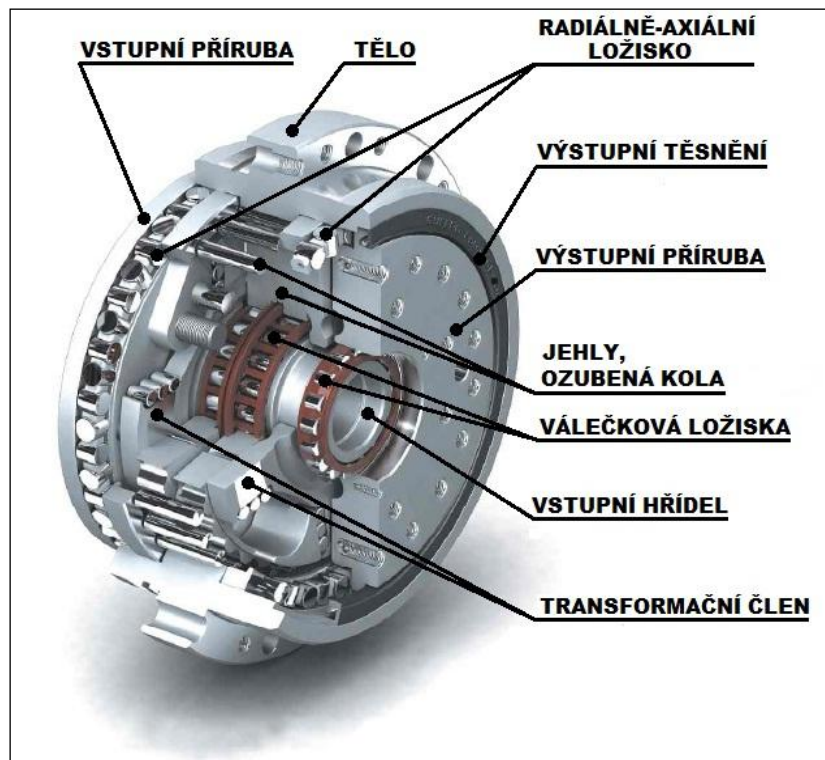


Obr. 11. Uložení indexovacího stolu v ose-B

PŘEVODOVKA SPINEA TS 240

Jedná se o bezvúlovou cykloidní převodovku s vnitřní pružností. Převodovka Twin Spin (TS) se vyznačuje velkou přesností díky tomu, že využívá radiálně-axiální ložisko. Převodovka má dvě funkce redukce otáček a ložisek. Jednotlivé komponenty převodovky jsou montované v předepnutém stavu, čímž dosáhneme linearizaci torzní charakteristiky a dojde k eliminaci vůlí v převodovce. Použitím válečkových ložisek vzniká velmi malé tření uvnitř převodovky, nedochází k opotřebení ozubených kol. Převodovka má velmi vysokou účinnost. Tělo je nosným prvkem celé konstrukce převodovky, obsahuje oběžné dráhy pro radiálně-axiální ložiska. Válečky tohoto ložiska jsou uloženy radiálně a axiálně vůči ose převodovky. Výstupním členem jsou příruby umístěné na vstupu i výstupu převodovky. V přírubách je druhá oběžná dráha pro radiálně-axiální ložisko. Cykloidní ozubení přenáší točivý moment. Planetový pohyb cykloidních kol je přenášen pomocí transformačního členu na rotační pohyb přírub. Rotační těsnění zamezuje vniknutí nečistot do převodovky. Vstupní rychloběžný hřídel je uložen ve válečkových ložiscích. Valivý pohyb cykloidních kol je vyvozen pomocí excentrů vstupního hřídele. Po obvodě cykloidních kol je trochoidní profil, který je v záběru s jehličkami, které jsou vloženy v drážkách skříně. Ramena transformačních členů jsou podpírána valivými prvky. Tato převodovka se využívá v otočných stolech obráběcích strojů ale i v robotických stanicích. TS převodovka se využívá u aplikací,

které vyžadují vysoký převodový poměr, malou vůli v převodu a vysoký kinematický přenos. Převodovka umožňuje přenos vysokých momentů, vyniká malou hmotností a je velmi kompaktní.



Obr. 12. Převodovka SPINEA TS 240

Parametry použité převodovky

typ převodovky:	SPINEA TS 240-121-SAA
krouticí moment:	1620Nm
převodový poměr:	121
efektivní otáčky:	1500min ⁻¹

Parametry použitého motoru

typ motoru:	1FK7 060-5AF7 1-1
otáčky:	3000min ⁻¹
jmenovitý výkon P_N :	1,48kW
jmenovitý moment M_N :	4,7Nm
jmenovitý proud I_N :	3,7A

Výsledné parametry pohonu

otáčky:	$24,79\text{min}^{-1}$
kroutící moment:	$568,7\text{Nm}$
brzdňý moment:	3000Nm
přesnost polohování:	$\pm 0,5'$
potřeba chlazení:	bez chlazení
ovládání brzdy:	hydraulické, tlak oleje 40bar

5.4 ČTVRTÁ VARIANTA – VLASTNÍ NÁVRH

Tato varianta opět využívá převodovku Spinea TS 240 a synchronní motor od firmy Siemens viz příloha 2. Varianta obsahuje hydraulickou bezpečnostní brzdu viz příloha 3. Brzda zajišťuje zpevnění pohonu a tím zajišťuje přesnou polohu obrobku při obrábění. Dále brzda plní i bezpečnostní funkci. Bezpečnostní funkce spočívá v zablokování pohonu při případném výpadku elektrické energie. Přesné zapolohování pohonu je zajištěna pomocí odměřovacího zařízení od firmy Heidenhain RCN 228 viz příloha 4. Tato varianta je plnohodnotný otočný stůl, který lze libovolně polohovat s přesností $\pm 2,5''$. Přenos kroutícího momentu z motoru na vstupní hřídel převodovky je zajištěn pomocí neoprenového ozubeného řemene viz příloha 5. Tento pohon se nedá využít k souvislému obrábění podle osy-B.

Použitá převodovka

typ převodovky:	SPINEA TS 240-121-SAA
-----------------	-----------------------

Použitý motor

typ motoru:	1FK7 080-5AH7 1-1
otáčky:	4500min^{-1}
jmenovitý výkon P_N :	$2,39\text{kW}$
jmenovitý moment M_N :	$5,7\text{Nm}$
jmenovitý proud I_N :	$5,6\text{A}$

Použitá brzda

Při výběru došlo k oslovení dvou firem dodávajících hydraulické brzdy. Vznikla spolupráce s firmou Troma-Mach s.r.o. a firmou Stromag Brno s.r.o.. Od firmy Troma-Mach s.r.o. byla vybrána brzda 0022-320-63-005105. Od firmy Stromag Brno s.r.o. brzda KMB 80 H. Po porovnání obou typů byla zvolena brzda od firmy Stromag. Tato brzda lépe splňuje zástavbové rozměry i technické požadavky.

typ brzdy:	KMB 80 H od firmy Stromag Brno s.r.o.
max. krouticí moment:	4200Nm
max. brzdný moment:	3300Nm
min. ovládací tlak oleje:	36bar
hmotnost:	31,5kg
max. otáčky:	2500min ⁻¹



Obr. 13. Hydraulická brzda KMB 80 H

Použitý ozubený řemen

Ozubené neoprenové řemeny jsou vyrobeny ze směsi neoprenového kaučuku. Tažné vlákno je ze skelných vláken navinuté ve tvaru šroubovice po celé šířce řemenu. Zuby jsou chráněny tkaninou impregnovanou grafitem, která má samomazné vlastnosti. Ozubené řemeny mají velkou rozměrovou stabilitu.

Výhody ozubených řemenů

velmi vysoká účinnost

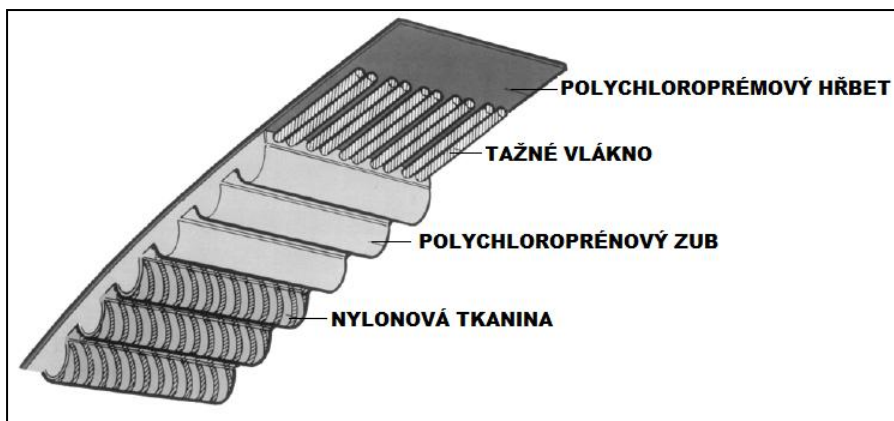
nízká úroveň hluku

vysoká odolnost proti otěru

nenáročná údržba

dobrá odolnost proti stárnutí, UV záření, hydrolýze

vysoké odolnost proti olejům, tukům, mazivům a většině kyselin



Obr. 14. Neoprenový ozubený řemen

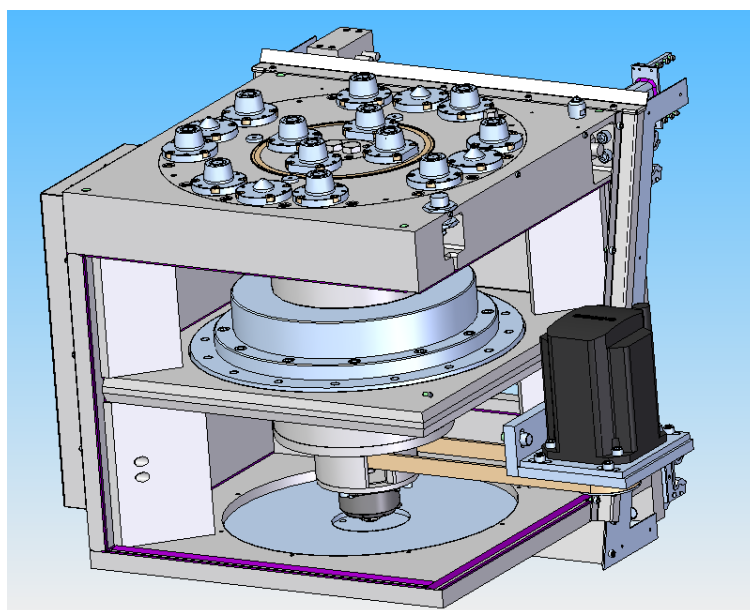
Zvolený řemen

řemen od firmy:

Firma Elprim-tech s.r.o.

max. výkon přenášený řemenem:

3,34kW



Obr. 15. Uložení pohonu se SPINEOU, hydr. brzdou a absolutním odměřováním

Výsledné parametry pohonu

otáčky pohonu:	$37,19\text{min}^{-1}$
kroutící moment:	689,7Nm
brzdny moment:	3300Nm
přesnost odměřování:	$\pm 2,5^{\circ}$
potřeba chlazení:	bez chlazení
ovládání brzdy:	hydraulické tlak oleje 36bar

6. ZHODNOCENÍ ČTYŘ NAVRHOVANÝCH VARIANT

Základní požadavky byly doplněny ještě o další důležité vlastnosti pohonu. Doplnění a zhodnocení variant bylo provedeno opět v rámci týmu, který byl ve složení Michal Chytrý (konstruktér a autor diplomové práce), Josef Bernard (majitel a ředitel firmy), Ing. Martin Kukačka (šéfkonstruktér), Ing. Jiří Macák (vedoucí technického úseku). V současné době si firma vyrábí obráběcí stroje pouze pro svoji potřebu. Z tohoto důvodu byly hlavní kritéria pohonu určeny pouze v rámci firmy a nebyl proveden průzkum jiných potenciálních zákazníků. Vybraný tým stanovil celkem deset parametrů pohonu, které jsou rozhodující a podle nich jsou jednotlivé pohony hodnoceny. Jelikož vyrobené stroje jsou zapojeny do nepřetržitého výrobního procesu, je kladen velký důraz na parametry, nejvíce zproduktivňující proces výroby držáků.

6.1 VARIABILITA

Z hlediska variability je hodnoceno využití pohonů v běžném sériovém provozu. Při hodnocení se zjišťuje, které technologie obrábění pohon umožňuje.

Varianta 1

Otočný stůl umožňuje široký rozsah otáček a firma Franz Kessler GmbH vyrábí tyto stoly v mnoha provedeních. Lze zakoupit i jednotku, která umožňuje soustružení podle osy-B. Jedná se o kompaktní pohon, u kterého lze do osy-B aplikovat různé provedení dle požadavků na výrobní stroj.

Varianta 2

Některé díly jako je prstencový motor, YRTS ložisko a brzdu nabízejí výrobci v poměrně velké škále. Další díly spojené s konstrukcí budou vytápěny v rámci firmy. Z tohoto tedy vyplývá, že pohon lze přizpůsobit dle požadavků dané technologie obrábění bez větších obtíží.

Varianta 3

Toto provedení pohonu je určeno pouze pro stroje které neumožňují souvislé polohování. Stůl umožňuje polohování pouze po 15°. Provedení tohoto pohonu plně vyhovuje požadavkům firmy a systému obrábění, který je ve firmě použit.

Varianta 4

Tato varianta umožňuje neomezené polohování. Jedná se o adekvátní náhradu, co se týče variability otočnému stolu od firmy Franz Kessler GmbH. S tím rozdílem, že dosahujeme nižších otáček pohonu. Zpevnění pomocí hydraulické brzdy je dostatečně tuhé, tak aby se daný stroj dal využít pro těžké obrábění.

6.2 CENA

Jedním z hlavních hodnocených parametrů je právě cena. Výsledná cena pohonu se projeví na celkových nákladech vynaložených na stavbu stroje. Jelikož firma s některými dodavateli spolupracuje již dlouhodobě, jsou v cenových kalkulacích promítnuty výrazné slevy dodávek. Pro porovnání jsou vybrány pouze nosné komponenty pohonů. Ceny jsou uváděny bez DPH.

Varianta 1

- cena standardně vyráběných a dodávaných otočných stolů:	790 000Kč
---	-----------

Varianta 2

- cena prstencového motoru:	120 000Kč
- cena brzdy:	63 450Kč
- cena ložiska:	22 200Kč
- cena odměřovacího zařízení RCN:	108 000Kč
- cena obráběných dílů:	55 000Kč
- cena spojovacího materiálu a normalizovaných dílů:	1 200Kč
- ostatní:	12 400Kč
- cena celkem:	382 250Kč

Varianta 3

- cena motoru (1FK7 060-5AF7):	50 500Kč
- cena převodovky SPINEA 240:	63 250Kč
- cena obráběných dílů:	35 650Kč
- cena spojovacího materiálu a normalizovaných dílů:	950Kč
- ostatní:	10 500Kč
- cena celkem:	160 850Kč

Varianta 4

- cena motoru (1FK7 080-5AH7 1-1):	60 500Kč
- cena převodovky SPINEA 240:	63 250Kč
- cena hydraulické brzdy:	63 450Kč
- cena obráběných dílů:	46 440Kč
- cena odměřovacího zařízení RCN:	108 000Kč
- cena spojovacího materiálu a normalizovaných dílů:	1264Kč
- cena ozubeného řemenu:	370 Kč
- upínací pouzdro RCK 15-40x65:	401Kč
- cena montáže:	2946 Kč
- cena celkem:	346 621Kč

6.3 HMOTNOST KONSTRUKCE

Hmotnost pohonu ovlivňuje celkovou pohyblivou hmotu, která je přemísťována na ose-X. Snížením této hmotnosti docílíme celkové zlepšení dynamiky stroje. Hmotnost se, ale nesmí snížit na úkor tuhosti celého pohonu.

Varianta 1

- hmotnost otočného stolu: 500kg

Varianta 2

- hmotnost konstrukce prstencového pohonu vloženého přímo do osy-B: 350kg

Varianta 3

- hmotnost indexovacího stolu: 173kg

Varianta 4

- hmotnost pohonu s převodovkou SPINEA a absolutním odměřováním: 230kg

6.4 PŘESNOST POLOHOVÁNÍ

Varianta 1

- přesnost: $\pm 2,5''$

Varianta 2

- přesnost: $\pm 2,5''$

Varianta 3

- přesnost: $\pm 0,5'$

Varianta 4

- přesnost: $\pm 2,5''$

6.5 OPRAVITELNOST V RÁMCI FIRMY

Tento aspekt je důležitý pro rychlou údržbu strojů. Je potřeba rychlý servis v rámci firmy, bez závislosti na externích dodavatelích a externím servisu. Jelikož stroje jsou nasazovány v nepřetržitém provozu, je tento aspekt velmi důležitý z pohledu udržení výrobní kapacity firmy. Opravitelnost v rámci firmy předpokládá odborný a zkušený personál, který opravu bude provádět. Již v současné době jsou údržbáři přítomni při stavbě a montáži strojů, aby byli schopni reagovat rychle a fundovaně při případné závadě na stroji.

Varianta 1

V této variantě je použit nakupovaný komponent, jehož opravu, případnou reklamaci zajišťuje výrobce otočného stolu. Jediný díl, který lze vyměnit bez autorizovaného servisu je odměřovací zařízení RCN 228. Možnost opravy otočného stolu v rámci firmy je minimální.

Varianta 2

Celá mechanická část pohonu bude vyrobena ve firmě VAPOS. Prstencový motor patří mezi poměrně drahý nakupovaný díl a nelze ho mít na skladu náhradních dílů. Při poruše prstencového motoru, vzniká problém s rychlou opravitelností pohonu. Ostatní nakupované komponenty jsou vybrány z běžně dostupných dílů z důvodu toho, aby dodací lhůta od externích dodavatelů a případný servis byl co možná nejkratší.

Oprava a případná repase vyráběných dílů ve firmě VAPOS bude velmi rychlá a efektivní.

Varianta 3

Všechny mechanické díly jsou vyráběné ve firmě VAPOS, lze je bez problému vyměnit nebo případně repasovat. Elektromotor a převodovka jsou běžně sériově vyráběné díly, které lze vyměnit. Pořizovací cena nakupovaných dílů není tak vysoká, proto mohou být nakupované díly na skladě přímo ve firmě. Při případné poruše může personál okamžitě reagovat. Kompletní sestava je velmi jednoduchá a nenáročná na výrobu.

Varianta 4

Pohon se skládá z poměrně velkého množství dílů. Z toho je opět větší část vyráběna ve firmě VAPOS. Nakupované díly jsou cenově dobře dostupné a lze je bez větších problémů mít na firemním skladě. V rámci ještě většího urychlení opravitelnosti lze mít skladem jeden kompletně sestavený pohon. Z čehož pak plyne rychlá reakce na případné poruchy. Výhodou u tohoto pohonu je uložení motoru, který je mimo skříň osy-B. Při případné poruše lze provést jeho jednoduchou výměnu.

6.6 VELIKOST KROUTÍCÍHO MOMENTU

Varianta 1

- kroutící moment M_k : 1200Nm

Varianta 2

- kroutící moment M_k : 1220Nm

Varianta 3

- kroutící moment M_k : 568,7Nm

Varianta 4

- kroutící moment M_k : 689,7Nm

6.7 POTŘEBA CHLAZENÍ POMOCÍ CHLADICÍ KAPALINY

Varianta 1

Jelikož prstencový motor produkuje poměrně velké teplo, musí být u této varianty použito chlazení. U této varianty otočného stolu se používá vnitřní chlazení pomocí chladicí kapaliny. Chlazení odpovídá ICW 37 dle ČSN EN 60034-6.

Varianta 2

Tato varianta také vyžaduje chlazení ICW 37 dle ČSN EN 60034-6. Do konstrukce pohonu se musí zohlednit systém chlazení.

Varianta 3

U této varianty odpadá potřeba chlazení pohonu. Motor, který pohon pohání, nevyžaduje chlazení kapalinou. Konstrukce motoru je provedena tak že mu dostačuje chlazení vzduchem.

Varianta 4

Tato varianta opět nevyžaduje chlazení. Oproti variantě 3 je tato varianta lepší v uložení motoru. Tím, že je motor uložen mimo skříň osy-B dochází k lepšímu chlazení motoru a nedochází k přehřívání pohonu. Brzda je uložena uvnitř skříně, kde teplota vyhovuje maximální předepsané provozní teplotě brzdy.

6.8 SNADNOST MONTÁŽE

Podle doby sestavení celého pohonu je posuzována snadnost jeho montáže. Dále je důležitý čas, po který se pohon usazuje a vyrovnává do skříně osy-B. Časy montáže jednotlivých pohonů jsou odhadnuty na základě zkušeností. Jejich stanovení a porovnání bylo provedeno ve spolupráci se zaměstnanci, kteří se zabývají stavbou a montáží strojů.

Varianta 1

Jelikož se jedná o nakupovaný díl jde pouze o upevnění osmi šrouby M12 do konstrukce osy-B a připojením přívodů energií do pohonu (hydraulika, pneumatika, chlazení). Pohon tvoří kompaktní jednotku, která je snadno smontovatelná do skříně osy-B. Případná demontáž je též velmi rychlá.

Montáž byla změřena v reálném provozu.

- Připojení energií: 20min
- Vyrovnání pohonu pomocí rozpěrných podložek: 20min
- Našroubování šroubů a utažení na předepsaný moment 25min
- Celkový čas montáže otočného stolu je 1h 5min

Varianta 2

U této varianty se již nejedná o nakupovaný kompaktní pohon. Dochází pouze k nákupu jednotlivých komponentů pohonu. Tato varianta se skládá z poměrně velkého počtu dílů. Je předpoklad, že skříň osy-B bude tvořit zároveň plášť celého pohonu. Jednotlivé komponenty se budou vkládat přímo do skříně a nelze pohon předmontovat a následně vložit do skříně. Časově nejnáročnější je vyrovnání a indikace prstencového motoru. Dalším náročným úkonem je usazení hydraulické brzdy a seřízení odměřovacího zařízení.

Po projednání návrhu s útvarem zabývající se montáží stroje byl čas montáže odhadnut na 8h 20min

Varianta 3

Tato varianta se opět skládá z velkého počtu dílů. Lze provést předmontáž jednotlivých komponentů a již hotový pohon pouze usadit do skříně. Velmi důležitým krokem je vyrovnání a indikace pohonu ve skříně osy-B. Případný čas montáže pohonu byl opět odhadnut na základě zkušeností montážních dělníků.

Utažení spojovacího materiálu:

- sestava obsahuje celkem 174 šroubů v délce od 12 do 30mm.
- Průměrná doba umístění a dotažení jednoho šroubu byla změřena na 0,4min
- celková doba montáže spojovacího materiálu je 80min

Sestavení jednotlivých dílů do sebe:

- sestava obsahuje celkem 10 dílů, všechny díly jsou rotačního charakteru a jsou v sobě uloženy vsuvně
- doba skládání dílů byla odhadnuta 120min

Připojení energií:

- přívod energií se skládá z připojení el. přívodu k motoru a připojení rozvodu hydrauliky
- doba připojení 30min

vyrovnání a ustavení pohonu dotažení upínacích šroubů:

- vyrovnání a indikace pohonu 60min

celkový čas montáže pohonu: 4h 50min

Varianta 4

Tato varianta se skládá opět z velkého počtu dílů, které jsou převážně rotačního charakteru a jsou v sobě uloženy vsuvně. Opět lze provést předmontáž pohonu a následnou indikaci ve skříní osy-B. Montáž tohoto pohonu je složitější o seřízení brzdy a odměřovacího zařízení. Čas montáže byl opět odhadnut na základě zkušeností.

Utažení spojovacího materiálu:

- sestava obsahuje celkem 110 šroubů v délce od 12 do 130mm.
- Průměrná doba umístění a dotažení jednoho šroubu byla změřena na 0,4min
- celková doba montáže spojovacího materiálu je 60min

Sestavení jednotlivých dílů do sebe:

- sestava obsahuje celkem 13 dílů všechny, jsou rotačního charakteru
- doba skládání dílů byla odhadnuta 180min

Připojení energií:

- přívod energií se skládá z připojení rozvodu hydrauliky do středového rozvaděče a do brzdy
- doba připojení 40min

vyrovnání a ustavení pohonu dotažení upínacích šroubů:

- vyrovnání je obdobné jako u předešlé varianty čas 60min

celkový čas montáže pohonu: 5h 40min

6.9 OTÁČKY:

Na strojích, na kterých bude pohon použit se bude pouze frézovat. Není hlavním požadavkem, aby pohon umožňoval soustružení dle osy-B.

Varianta 1

- otáčky: 100min^{-1}

Varianta 2

- otáčky: 200min^{-1}

Varianta 3

- otáčky: $24,79\text{min}^{-1}$

Varianta 4

- otáčky: $37,19\text{min}^{-1}$

6.10 NEŽÁDOUCÍ MAGNETISMUS:

Varianta 1

Pohon od firmy Kessler obsahuje velký prstencový motor (torque motor), který vyvolává poměrně velké nežádoucí magnetické pole. Tento magnetizmus má za následek ulpívání třísek z obrábění na upínacích kuželech. Pokud, jsou třísky přichyceny na upínacím kuželu, dojde k nepřesnému upnutí kazety s obrobkem. Zároveň magnetizmus ohrožuje zdraví obsluhy stroje.

Varianta 2

Tato varianta také obsahuje prstencový motor (torque motor). Tento pohon má též nežádoucí vlivy na obrábění z důvodu vysokého magnetického pole motoru. Nežádoucí vliv lze snížit použitím menšího motoru přesně dle charakteru obrábění, pro který bude pohon určen.

Varianta 3

U této varianty žádný nežádoucí magnetismus, který by ovlivňoval, přesnost obrábění nevzniká. Tento pohon je bezpečný pro obsluhu.

Varianta 4

V této variantě pohonu opět nevzniká žádný nežádoucí magnetismus.

6.11 POROVNÁNÍ S OHLEDEM NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V současné době velmi vzrůstá tlak na výrobce, aby snižovali dopad svých výrobků na životní prostředí. Každý výrobek musí být posuzován z ohledem, na jeho celý životní cyklus. Vyšší konkurenceschopnost, snížené náklady a marketingový prvek jsou výhodami konstruování s ohledem na životní prostředí.

Návrh s ohledem na životní prostředí je rozdělen do sedmi základních kroků.

- 1) nový koncept výrobku
 - dematerializace výrobku
 - sdílení výrobku více uživateli
- 2) optimalizace užitečných vlastností
 - zvýšení životnosti a spolehlivosti výrobku
 - snadná údržba a oprava
 - optimalizace funkčnosti
- 3) výběr materiálů a součástí
 - snížení hmotnosti
 - snížení počtu dílů v sestavě
 - použití materiálů a nízkými nároky na jejich výrobu
 - využití recyklovatelných materiálů
 - snaha o eliminaci toxických látek
- 4) optimalizace výrobního procesu
 - snížení počtu výrobních operací
 - snížení počtu pomocných operací
 - zavedení inovací dle zásad čisté výroby
- 5) optimalizace distribuce výrobku
 - minimalizace přepravované hmotnosti
 - snížení množství obalových materiálů
 - energeticky efektivní druh přepravy

6) snížení dopadů během užívání výrobku

- snížení spotřeby energií
- snížení odpadů z provozu výrobku
- snížení spotřeby spotřebních materiálů
- zvýšení životnosti výrobku

7) optimalizace nakládání s výrobkem po skončení životnosti výrobku

- snadná demontáž výrobku
- zamezení úniku nebezpečných látek z výrobku
- renovace, modernizace a opětovné využití výrobku
- opětovné využití součástí výrobku

Z ohledem, na životní prostředí je snaha u pohonu o snížení počtu přívodů energií, které musejí být do pohonu zavedeny (chladicí kapalina, tlakový vzduch, hydraulický olej, mazací náplně). Dále se varianty hodnotí s ohledem na elektrický příkon jednotlivých použitých pohonů. Důležitým parametrem je snížení hmotnosti celé konstrukce, z čehož vyplývá celkové snížení energií potřebných pro výrobu pohonu. Jeho koncepce směřuje k tomu, aby převážná část mechanických dílů byla vyráběna přímo ve firmě VAPOS, tím je zaručena rychlá opravitelnost strojů. Odpadá potřeba obalového materiálu pro jednotlivé komponenty pohonu a potřeba přepravy komponentů. Pohony jsou konstruovány tak, aby bylo zamezeno úniku nebezpečných látek z pohonu.

Varianta 1

Tato varianta je poměrně náročná na přívody energií, které se do pohonu připojují. Do pohonu musí být přiveden tlakový vzduch, chladicí kapalina, hydraulický olej a napájení elektrickým proudem. Pohon je dodáván jako jeden prvek, který se přímo upevní do skříně osy-B. Možnost úniku oleje a chladicí kapaliny je velmi malá. Náročnost na přívod elektrické energie je velmi vysoká (109A/50,3kW). Celková hmotnost pohonu je též vysoká.

Varianta 2

Tato varianta je obdobou varianty 1. S tím rozdílem, že komponenty prstencového pohonu jsou umístěny přímo do skříně-B. Tato skříň tvoří zároveň plášť pohonu. Hmotnost celého pohonu je výrazně nižší 200kg. Náročnost na přívod

elektrické energie je nižší než u otočného stolu (66,9A/8,24kW). Všechny mechanické díly budou vyráběny v rámci firmy.

Varianta 3

U této varianty odpadá potřeba chlazení pohonu i přimazávání ložisek. Náročnost na přívod elektrické energie je mnohem nižší než u varianty 1. (3,7A/1,5kW). Všechny mechanické díly budou vyráběny v rámci firmy, z čehož vyplývá možnost rychlé opravitelnosti. Dojde k výrazné redukci hmotnosti na 172,5kg. Do pohonu je přiváděn pouze rozvod hydraulického oleje a stlačeného vzduchu.

Varianta 4

Tato varianta opět nevyžaduje chlazení. Do pohonu je zaveden pouze rozvod hydraulického oleje a stlačeného vzduchu. Převážná část pohonu je vyráběna v rámci firmy, tím odpadá potřeby přepravy a využívání obalového materiálu. Hmotnost pohonu je snížena na 230kg. Náročnost na přívod elektrické energie je (5,6A/2,39kW). Lze velmi rychle reagovat na případné poruchy vzniklé na pohonu.

ROZHODOVACÍ TABULKA

kritérium	varianta				významnost 1 min - 5 max
	1	2	3	4	
variabilita	+	0	-	+	2
cena	-	0	+	+	5
hmotnost konstrukce	-	+	+	0	4
přesnost polohování	+	+	-	+	4
opravitelnost v rámci firmy	-	0	+	+	4
kroučící moment	+	+	0	0	2
potřeba chlazení	-	-	+	+	5
snadnost montáže	+	-	0	0	5
nežádoucí magnetismus	-	-	+	+	4
Otáčky	+	+	0	0	2
životní prostředí	0	0	+	+	3
součet (+)	15	12	25	27	
součet (-)	22	14	4	0	
součet (0)	0	3	3	3	
Skóre	-7	-2	21	24	
Pořadí	4	3	2	1	

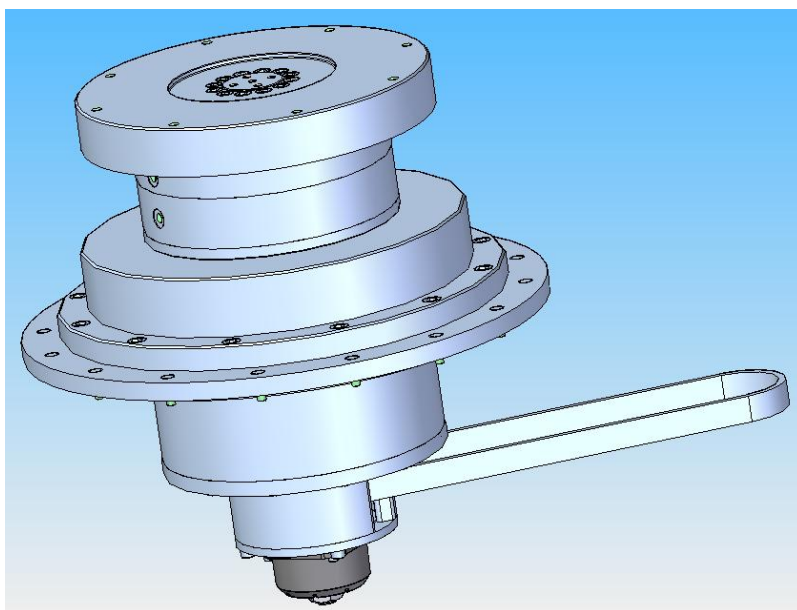
Tab. 3. Rozhodovací tabulka

7. ZHODNOCENÍ VÝBĚRU VARIANT

Po provedení porovnání parametrů jednotlivých variant pohonů byla jako nejlepší vybrána čtvrtá varianta. Tato varianta nejlépe splňuje požadavky, které byly na počátku definovány. Zbylé tři varianty pohonu nejsou pro použití ve výrobě v rámci firmy VAPOS spol. s r.o. optimální.

PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ VARIANTY POHONU

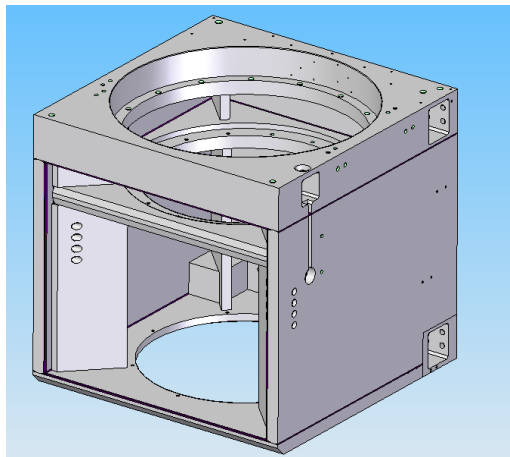
Jedná se o nepřímý pohon kde přenos krouticího momentu z motoru od firmy Siemens 1FK7 080-5AH7 1-1 na vstupní hřídel převodovky SPINEA 240 je zajištěn pomocí neoprenového ozubeného řemene.



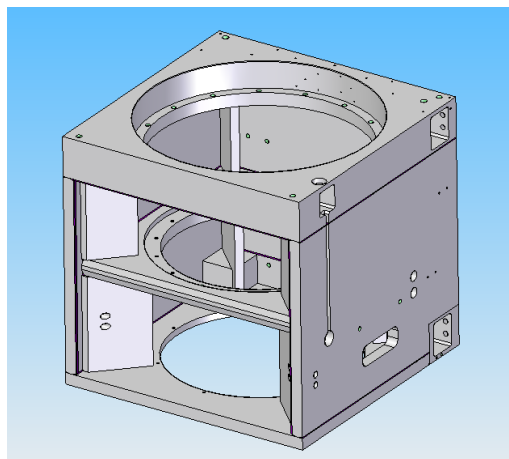
Obr. 16. Vybraná varianta pohonu

V rámci inovace pohonu muselo dojít ke změně konstrukce skříně osy-B. Změnila se poloha desky, na které je uložen pohon ve skříně. Deska byla posunuta blíže ke středu skříně. Z důvodu posunutí vnitřní desky muselo být provedeno prodloužení vybrání na boku skříně, ve kterém jsou uloženy vodiče čtečky kazet. Další konstrukční změnou je otvor na boku skříně, kterým prochází ozubený řemen a také otvory pro uchycení držáku motoru a otvory umožňující přivedení vodičů k motoru. Vytvořením otvoru na boku skříně osy-B nedojde ke změně její tuhosti. Zbytek konstrukce skříně

zůstal nezměněn. Pokud by skříň byla vyrobena jako odlitek z prokalitelného hliníku, muselo by dojít ke změně formy. S touto variantou provedení se prozatím nepočítá. Uložení a uchycení skříně v rámci celé koncepce stroje zůstalo nezměněno.



Obr. 17. Původní skříň osy-B



Obr. 18. Upravená skříň osy-B

NOSIČ KAZET 010-130, který slouží k ustavení a spojení pevné části kazety se skříní osy-B zůstal nezměněn. Spojení je zajištěno pomocí hydraulických upínačů vlastní konstrukce. NÁHON KAZET 010-130-004, který spojuje otočnou část kazety s pohonem osy-B je také totožný s variantou používanou v současné době.

Jelikož je motor uložen na boku skříně, bylo zapotřebí vyřešit zamezení vniknutí nečistot a vlhkosti do motoru. Ochrana je zajištěna KRYCÍM PLECHEM 010-060-010-1, který je na vrchní části zešíkmený, aby nedocházelo k ulpívání a hromadění třísek z obrábění. Kryt je se skříní spojen pomocí šroubů, spoj je utěsněn speciálním tmelem. Neoprenový ozubený řemen lze napínat podle potřeby pomocí posuvně uloženého motoru. Na motoru je pomocí těsného pera uložena řemenice vlastní konstrukce.

Uvnitř pohonu je vytvořen rotační přívod HYDRAULICKÝM ROZVADĚČEM 020-060-003-1 obsahující čtyři hydraulické cesty a jednu cestu stlačeného vzduchu, případně oplachové kapaliny. Dva hydraulické přívody (120bar) zajišťují upínání a odepínání obrobku na kazetě. Zbývající dva přívody (120bar) zajišťují upnutí a odepnutí hydraulických upínačů spojujících náhon kazety s otočným středem kazety. Přívod stlačeného vzduchu případně oplachové kapaliny (5bar) slouží k odstranění třísek na upínačích. Těsnění v rotačním přívodu a celém pohonu je zabezpečeno pomocí

O-kroužků dle DIN 3771. Na rotačních spojích jsou použity O-kroužky o NBR90. Pro statické těsnění jsou použity O-kroužky o NBR70. Celkem jsou v pohonu použity čtyři rozměry O-kroužků. Na vstupním a výstupním hřídeli převodovky SPINEA TS 240 jsou použita rotační těsnění „gufero“ GP. Do pohonu jsou přivedeny dva hydraulické přívody ovládající hydraulickou brzdou (minimální ovládací tlak 36 bar).

Parametry a konstrukce hydraulického agregátu, který je na stroji použitý, plně vyhovuje tomuto pohonu a není nutná jeho změna.

Na VODÍČÍM ČEPU 010-060-005 je pomocí dvou těsných per uložena brzda. Jedná se o pružinovou, lamelovou hydraulicky odbrzděvanou brzdou. Hydraulická brzda zajišťuje zpevnění pohonu 3300Nm. Důležitá je bezpečnostní funkce brzdy, která zabezpečuje její sepnutí v době výpadku olejového čerpadla. Je zvolen suchý typ brzdy, jelikož je brzda uložena uvnitř skříně, kde je chráněna proti vlhkosti.

Bezvúlová cykloidní převodovka SPINEA TS 240 je nosným komponentem celého pohonu. Na vstupním hřídeli převodovky je uložena řemenice vlastní konstrukce. Spojení vstupního hřídele s řemenicí je zaručeno pomocí upínacího pouzdra RCK 15-40x65 od firmy TYMA viz příloha 6.

Přenos kroutícího momentu z motoru je zajištěn pomocí neoprenového ozubeného řemenu. Zvolený řemen se vyznačuje vysokou rozměrovou přesností a odolností proti opotřebení. Ozubený řemen umožňuje přenos výkonu do 3,34kW.

Jednotlivé díly pohonu jsou spojovány imbusovými šrouby dle ISO 4762. Použité šrouby jsou třídy pevnosti 8.8 a 12.9. Je použito celkem 110 šroubů v délkách 10-130mm.

Z výše popsaného konstrukčního řešení je vypracována výkresová dokumentace. Výkresová dokumentace se skládá z hlavní vrcholové sestavy OSY X,B 630 4X 010-060 viz příloha 7. Dále jsou vypracovány tři dílčí hlavní podsestavy POLOHOVÁNÍ OSY B 010-060-008 viz příloha 8, NOSIČ POHONU 010-130 viz příloha 9, NÁHON KAZET 010-130-004 viz příloha 10.

VÝPOČTY

a) Výpočet převodu ozubeným řemenem

Zadané hodnoty

Průměr řemenic	$D_1 = D_2 = D = 93,7\text{mm}$
Počet zubů	$z_1 = z_2 = z = 30$
Rozteč	$t = 9,525\text{mm}$
Zvolená osová vzdálenost	$C = 425\text{mm}$ (navrženo)
Otáčky	$n = 4500\text{ot.min}^{-1}$
Výkon	$P = 2,39\text{kW}$
Krouticí moment	$M_k = 5,7\text{Nm}$

Výpočtový průměr řemenice

$$d_w = \frac{z \cdot t}{\pi} = \frac{30 \cdot 9,525}{\pi} = 90,95\text{mm}$$

Převodový poměr

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{z}{z} = \frac{30}{30} = 1$$

Úhel opásání řemenic

$$\beta = 2 \cdot \arccos \left[\frac{d_1 - d_2}{2C} \right] = 2 \cdot \arccos \left[\frac{d - d}{2C} \right] = 2 \cdot \arccos \left[\frac{93,7 - 93,7}{\pi} \right] = 180^\circ$$

Počet zubů v záběru

$$z_{e12} = z \cdot \frac{\beta}{360} = 30 \cdot \frac{180^\circ}{360^\circ} = 15$$

Obvodová síla na řemenici

$$F_u = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M_k}{d_w} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 5,7}{90,95} = 125,34\text{N}$$

Výpočtová délka řemene

$$L=2C+\pi d=2\cdot 425+\pi\cdot 93,7=1144,4\text{mm}$$

skutečná osová vzdálenost

$$C_s=\frac{1}{2}(L-\pi d)=\frac{1}{2}(1143-\pi\cdot 90,95)=428,6\text{mm}$$

Na základě výpočtu byl zvolen řemen délky **1143mm** označení **450L100**

b) Kontrola šroubového spojení

Zadané hodnoty

Použité šrouby

M10x20 12.9 ISO 4762 (Re = 1080MPa)

$d_3 = 8,160\text{mm}$

$d_2 = 9,026\text{mm}$

$P = 1,5\text{mm}$

Počet šroubů

$i = 12$

Součinitel bezpečnosti přenosu

$k_w = 1,4$

poloměr uložení šroubů

$r = 38\text{mm}$

součinitel tření ve stykové ploše

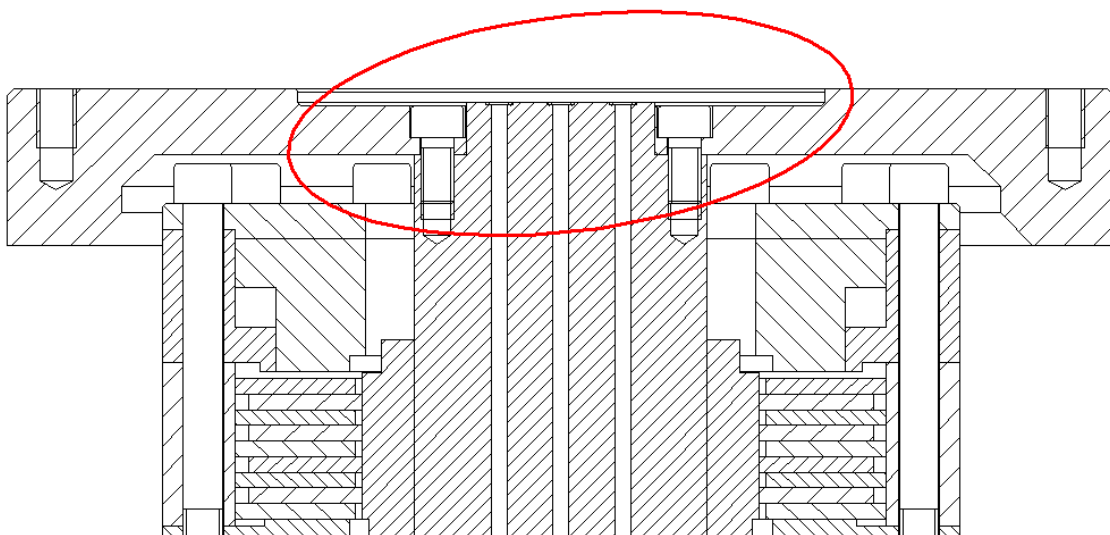
$f = 0,14$

součinitel tření v závitu

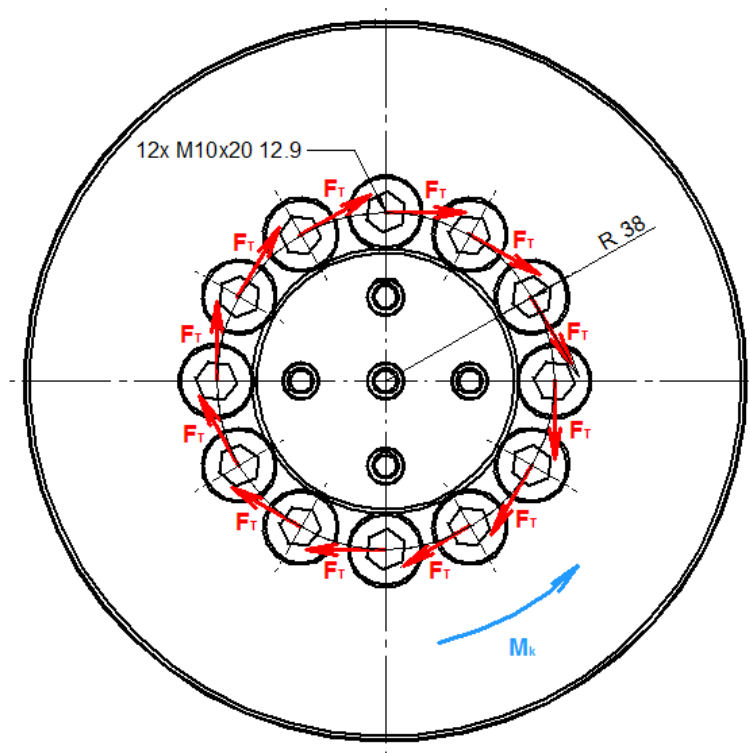
$f' = 0,14$

krotící moment

$M_k = 689,7\text{Nm}$



Obr. 19. Uložení počítaných šroubů



Obr. 20. Zatížení šroubů

$$M_k \cdot k_w = i \cdot F_T \cdot r \Rightarrow F_T = \frac{M_k \cdot k_w}{i \cdot r} = \frac{986,7 \cdot 1,4}{12 \cdot 0,038} = 2117,5 \text{ N}$$

$$F_Q = \frac{F_T}{f} = \frac{2117,5}{0,14} = 15125 \text{ N}$$

$$\tan \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{1,5}{\pi \cdot 9,026} \Rightarrow \gamma = 3,028^\circ$$

$$M_u = \frac{3}{2} \cdot F_Q \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \varphi) = \frac{3}{2} \cdot 15125 \cdot \frac{0,009026}{2} \cdot \tan(3,028 + 7,969) = 19,89 \text{ Nm}$$

$$M_k = \frac{2}{3} M_u = \frac{2}{3} \cdot 19,89 = 13,26 \text{ Nm}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{13,26}{\frac{\pi \cdot 0,00816^3}{16}} = 123,92 \text{ MPa}$$

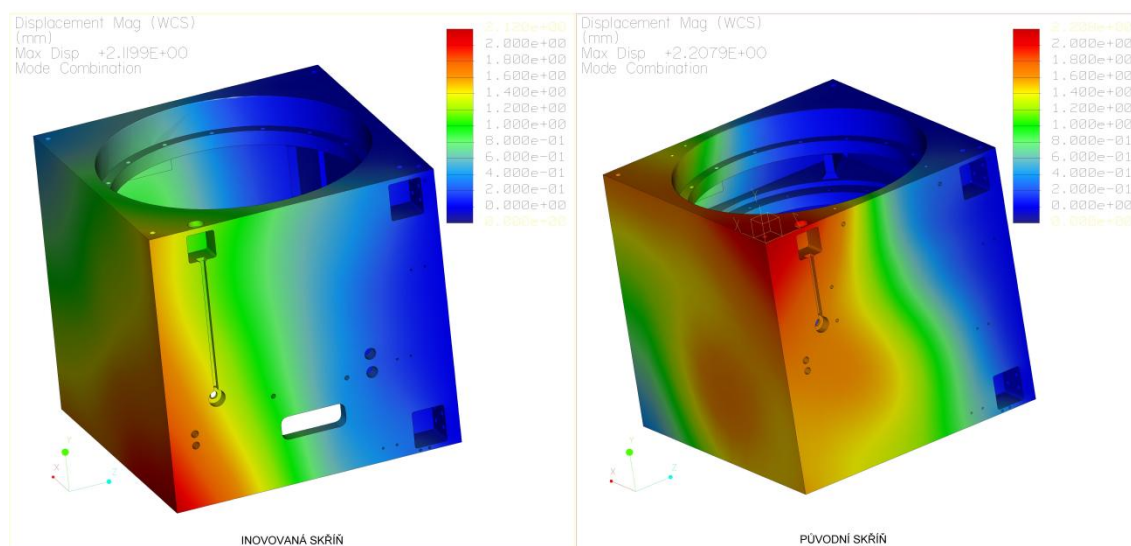
$$\sigma_T = \frac{F_Q \cdot i}{\frac{\pi \cdot (d_3 + d_2)^2}{4}} = \frac{15125 \cdot 12}{\frac{\pi \cdot (8,160 + 9,026)^2}{4}} = 782,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_T^2 + 3\tau^2} = \sqrt{782,40^2 + 3 \cdot 123,92^2} = 811,3 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{R_e}{\sigma_e} = \frac{1080}{811,3} = 1,33 \text{ zvolené šrouby vyhovují}$$

c) porovnání modální analýzy skříně osy-B

Pevná vazba byla umístěna na tu stěnu skříně, na které jsou umístěny vozíky lineárního vedení.



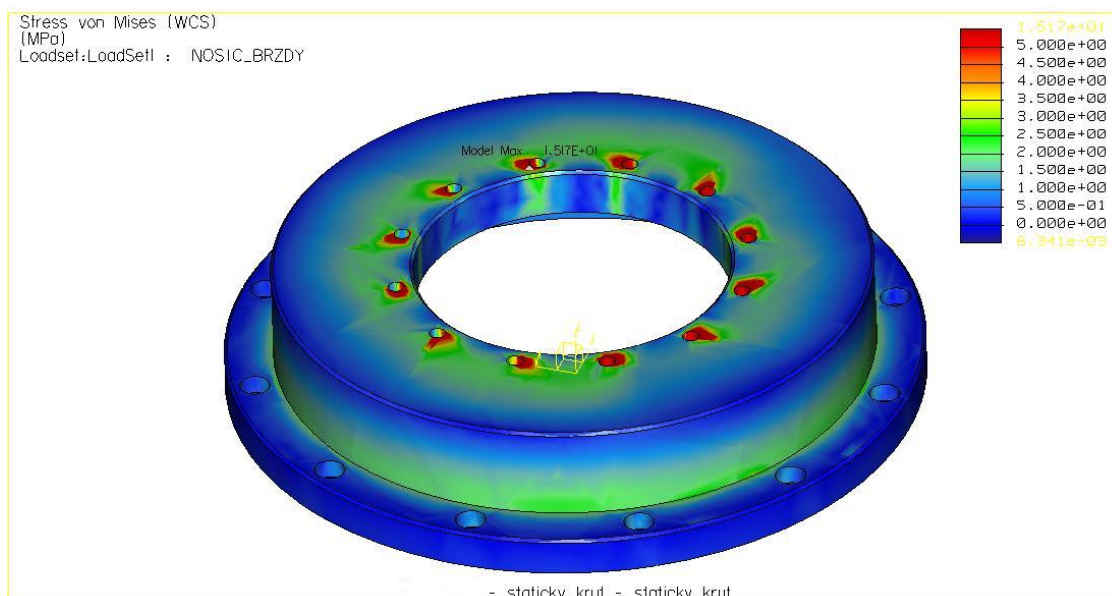
Obr. 21. Modální analýza, porovnání inovované a původní skříně osy-B

Úpravou skříně osy-B dojde k výrazné změně v rozložení vlastní frekvence kmitů skříně. U inovované skříně dochází k přesunutí místa s nejvyšší frekvencí kmitů do spodní části skříně. Vrchní část skříně osy-B je méně ovlivněna vlastními kmity.

Maximální vlastní frekvence původní skříně je 2,207Hz.

Maximální vlastní frekvence inovované skříně je 2,119Hz.

Došlo ke snížení vlastní frekvence o 4%.



Obr. 24. Průběh zatížení NOSIČE BRZDY kroutícím momentem

EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYBRANÉ VARIANTY

Hlavním cílem diplomové práce bylo snížení ceny celého pohonu o 50%. Jako výchozí cen byla určena cena otočného pohonu od firmy Franz Kessler GmbH.

U vybrané čtvrté varianty jsou hodnoceny všechny investice spojené s výrobou pohonu. Ceny porovnávaných pohonů jsou bez DPH. V kalkulaci jsou zahrnuty všechny díly a aktivity, které jsou spojeny s výrobou a návrhem. Cena skříně osy-B není v kalkulaci zahrnuta. Po jednání s dodavatelem svařence bylo stanoveno, že cena skříně se nebude měnit.

komponent, úkon	ks	cena (Kč)
nakupované díly		
motor Siemens 1FK/080-5AH7 1-1	1	60 500
převodovka SPINEA TS 240	1	63 250
hydraulická brzda KMB 80 H	1	63 450
odměřovací zařízení RCN 228	1	108 000
upínací pouzdro RCK 15-40x65	1	401
ozubený řemen 450L100	1	370
O-kroužek NBR 90 6x1	5	11,2
O-kroužek NBR 90 110x4	6	436
O-kroužek NBR 70 202x3	1	58,2
O-kroužek NBR 70 233x4	1	68
hřídelové těsnění GP 200-230-16	1	321
hřídelové těsnění GP40-60-12	1	25
šroub M8x25 8.8	4	6,5
šroub M5x20 8.8	4	2
šroub M5x8 8.8	2	2
šroub M12x130 12.9	12	178
šroub M12x30 8.8	12	44
šroub M12x20 8.8	12	28,5
šroub M10x20 8.8	12	9,5
šroub M10x30 8.8	12	33,6
šroub M8x20 8.8	20	23,5
šroub M8x16 8.8	6	5,5
šroub M6x12 8.8	6	3
šroub M4x10 8.8	8	3,5
Cu těsnicí kroužek 10x15-1,5	10	5
vyráběné díly		
VIKO 010-060-002-7	1	455
PODLOZKA 010-060-002-5	1	50
MATICE M24 010-060-002-2	1	185
NOSIC BRZDY 010-060-005-4	1	3750
DESKA ARETACE 010-060 003-3	1	4500
NOSIC POHONU 010-060-007	1	4670
ULOZENI SPINEA 010-060-002	1	5200
HYDR. ROZVADEC 020-060-003-1	1	5750
OKO_1 TRW-021-080-001-55	5	300
DUTY SROUB TRW-021-080-001 56	5	120
NOSIC HYDR. ROZVADECE 020-060-003-4	1	2450
REMENICE 2 010-060-002-5	1	740
ROZPERNY KROUZEK 010-060-002-6	4	240
VODICI CEP 010-060-005	1	9560
TYC 010-060-005-3	1	2500
NOSIC MOTORU 010-060-001-11	1	2450
NAPINAK MOTORU 010-060-001-10	1	1850
REMENICE 1 010-060-002-6	1	850
KRYCI PLECH 010-060-010-2	1	820
konstrukční práce		
KONSTRUKCE POHONU	45hod	27000
montážní práce		
MONTÁŽ POHONU	5,66	2547
CELKEM		373 222

Tab. 4. Kalkulace pohonu

Cena otočného stolu použitého ve stávající variantě je - **790 000 Kč.**

Cílem diplomové práce bylo snížení ceny pohonu o 50% tj. - **390 000 Kč.**

Výsledná cena pohonu vybrané varianty - **373 222Kč.**

Bylo docíleno snížení ceny pohonu o **52,7%.**

FMEA

- viz příloha 11

METODA QFD

- viz příloha 12

8. ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce bylo porovnání čtyř variant pohonů osy-B u 4 osého horizontálního obráběcího centra PHC-630-4x-2P. V úvodu bylo provedeno seznámení s požadavky, které musí inovovaný pohon splňovat. Požadavky byly stanoveny týmem, který byl složen z lidí, kterých se stavba a konstrukce stroje nejvíce týká. U představených variant došlo k seznámení s technickým provedením pohonu a porovnání jejich jednotlivých parametrů. Byl proveden podrobný rozbor čtyř řešení, z nichž první byla stávající varianta a další tři byly vlastní návrhy.

Z posuzovaných variant byla, jako nejvíce vyhovující vybrána varianta čtvrtá. Hlavním cílem bylo snížení ceny pohonu o 50%. U vybrané varianty došlo ke snížení o 52,7%. Tento cíl byl splněn. Dalším cílem bylo snížení hmotnosti pohonu o 40%. Hmotnost byla snížena o 54% i tento cíl byl splněn. Bylo snahou, aby se daný pohon stal co možná nejlépe opravitelný v rámci firmy. Celá jeho mechanická část je vyráběna v rámci firmy a tím je tedy zaručena možnost rychlé opravy. Nakupované díly je možné mít na skladě dílů a lze je rychle vyměnit. Celá konstrukce pohonu je velmi jednoduchá. Tento pohon je v rámci firmy velmi rychle opravitelný.

Zhodnocení zadaných technických parametrů pohonu

<i>parametr</i>	<i>zadané parametry</i>	<i>dosažené parametry</i>
otáčky	max. 40ot/min	37,19ot/min
krouticí moment	800Nm	689,7Nm
brzdny moment	3500Nm	3300Nm
přesnost polohování	$\pm 2,5''$	$\pm 2,5''$
chlazení	bez chlazení	bez chlazení
ovládání brzdy	hydraulické tlak max. 120bar	hydraulický tlak 36bar

Tab. 5. Porovnání zadaných a dosažených parametrů

Dosažené technické parametry pohonu se velmi přibližují těm, které byly stanoveny na začátku projektu. První tři nejhlavnější cíle byly plně splněny. Z toho důvodu lze považovat zvolený pohon za optimální pohonnou jednotku osy-B u stroje PHC-630-4x-2P i přesto, že se některé z technických parametrů úplně nepodařilo docílit.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: převodovka SPINEA TS 240-121-SAA

Příloha 2: motor Siemens 1FK7 080-5AH7 1-1

Příloha 3: hydraulická brzda od firmy Stromag Brno s.r.o. KM 80 H

Příloha 4: odměřovací zařízení RCN 228 od firmy Heidenhain

Příloha 5: neoprenový ozubený řemen 450L100 od firmy ELPRIM-TECH s.r.o.

Příloha 6: upínací pouzdro RCK 15-40x65 od firmy TYMA

Příloha 7: OSA X,B 630 4X 010-060

Příloha 8: POLOHOVÁNÍ OSY B 010-060-008

Příloha 9: NOSIC POHONU 010-130

Příloha 10: NÁHON KAZET 010-130-004

Příloha 11: QFD

Příloha 12: FMEA

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Frank J.H.: Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA), Česká společnost pro

jakost, ISBN 80-02-01476-6

[2] Souček P.: Servomechanizmy ve výrobních strojích, ČVUT 2004

[3] Marek J.: Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

[4] Borovský V.: Obráběcí stroje ISBN 80-214-0470-1

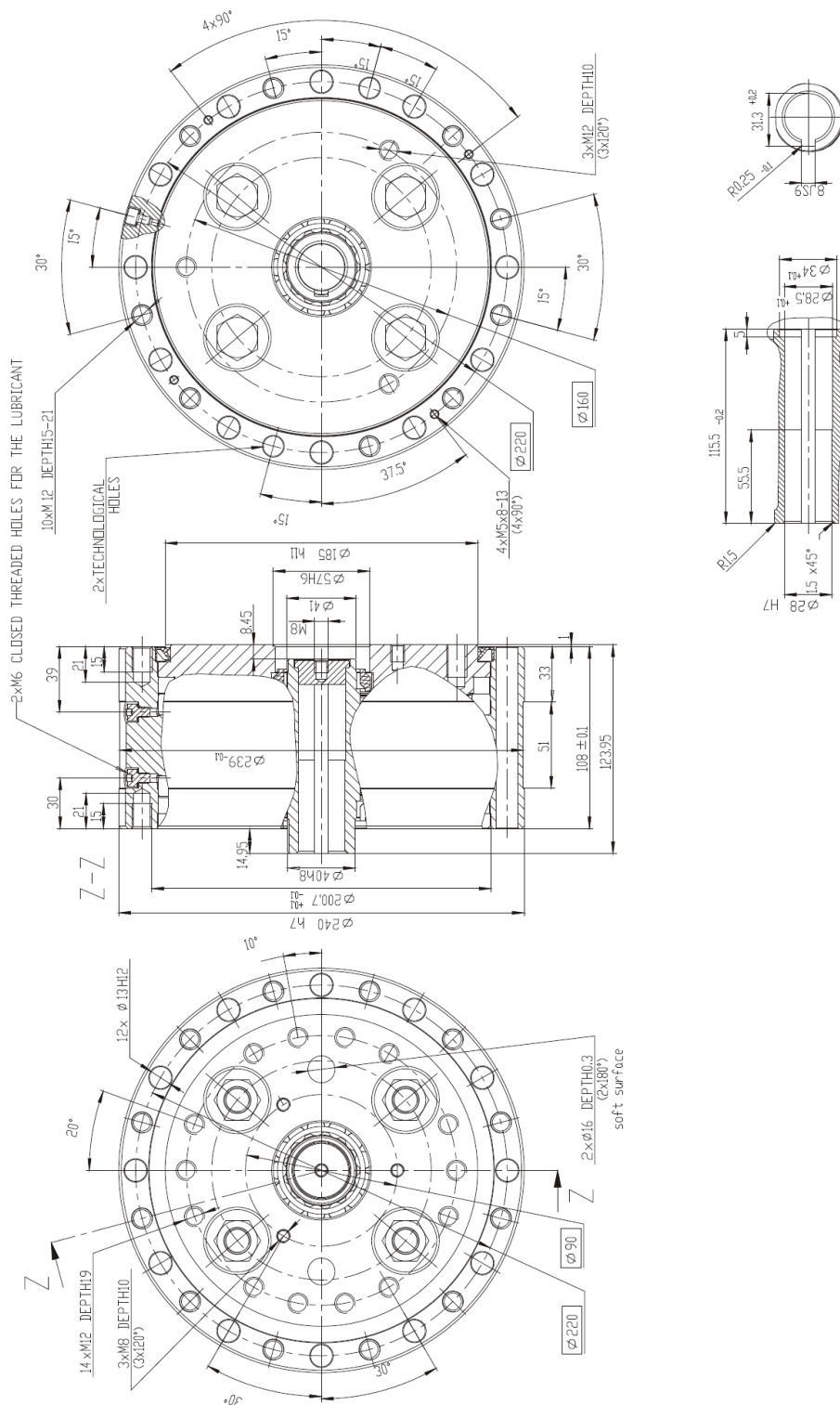
[5] Plura J.: Plánování a neustálé zlepšování jakosti, Computer Press 2001

ISBN 80-7226-543-1

[6] Mašín I., Ševčík L.: Metody inovačního inženýrství. Inovace, plánování a navrhování

výrobku. Institut technologií a managementu s.r.o. v Liberci ISBN 80-903533-0-4

TwinSpin TS 240 - i - TC



Note :

- 1) Use only standardized components such as O-ring seal, bolts, washers, etc.
- 2) Right to change without prior notice reserved.

Synchronous motors

Feed motors for SIMODRIVE 611

1FK7 Compact motors

Natural cooling

Selection and ordering data

Rated speed	Shaft height	Rated power	Static torque	Rated torque ¹⁾	Rated current	1FK7 Compact synchronous motor Natural cooling	No. of pole pairs	Rotor moment of inertia (without brake)	Weight (without brake)
<i>n</i> _{rated}	SH	<i>P</i> _{rated} at Δ <i>T</i> =100 K	<i>M</i> ₀ at Δ <i>T</i> =100 K	<i>M</i> _{rated} at Δ <i>T</i> =100 K	<i>I</i> _{rated} at Δ <i>T</i> =100 K			<i>J</i>	<i>m</i>
rpm		kW (HP)	Nm (lb _f -in)	Nm (lb _f -in)	A	Order No.		10 ⁻⁴ kgm ² (lb _f -in-s ²)	kg (lb)
2 000	100	4.29 (5.75)	27 (238)	20.5 (181.4)	9.6	1FK7101 - 5AC71-1 ■ ■ ■ ■	4	79.9 (0.0707)	21 (46.3)
		5.23 (7.01)	36 (319)	25 (221.3)	11.5	1FK7103 - 5AC71-1 ■ ■ ■ ■	4	105 (0.0929)	29 (63.9)
		7.75 (10.39)	48 (425)	37 (328)	16	1FK7105 - 5AC71-1 ■ ■ ■ ■	4	156 (0.1381)	39 (86.2)
3 000	48	0.82 (1.1)	3 (27)	2.6 (23)	1.95	1FK7042 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	3.01 (0.0027)	4.9 (10.8)
	63	1.48 (1.98)	6 (53)	4.7 (41.6)	3.7	1FK7060 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	7.95 (0.0070)	7 (15.4)
		2.29 (3.07)	11 (97)	7.3 (64.6)	5.6	1FK7063 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	15.1 (0.0134)	11.5 (25.4)
	80	2.14 (2.87)	8 (71)	6.8 (60.2)	4.4	1FK7080 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	15 (0.0133)	10 (22.1)
		3.3 (4.42)	16 (142)	10.5 (92.9)	7.4	1FK7083 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	27.3 (0.0242)	14 (30.9)
	100	3.77 (5.05)	18 (159)	12 (106.1)	8	1FK7100 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	55.3 (0.0489)	19 (41.9)
		4.87 (6.53)	27 (238)	15.5 (137.2)	11.8	1FK7101 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	79.9 (0.0707)	21 (46.3)
		5.37 (7.2) ²⁾	36 (319)	20.5 (181.4) ²⁾	16.5 ²⁾	1FK7103 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	105 (0.0929)	29 (63.9)
		8.17 (10.95)	48 (425)	26 (230)	18	1FK7105 - 5AF71-1 ■ ■ ■ ■	4	156 (0.1381)	39 (86.2)
4 500	63	1.74 (2.33)	6 (53)	3.7 (32.7)	4.1	1FK7060 - 5AH71-1 ■ ■ ■ ■	4	7.95 (0.0070)	7 (15.4)
		2.09 (2.8) ³⁾	11 (97)	5 (44.3) ³⁾	6.1 ³⁾	1FK7063 - 5AH71-1 ■ ■ ■ ■	4	15.1 (0.0134)	11.5 (25.4)
	80	2.39 (3.2) ³⁾	8 (71)	5.7 (50.5) ³⁾	5.6 ³⁾	1FK7080 - 5AH71-1 ■ ■ ■ ■	4	15 (0.0133)	10 (22.1)
		3.04 (4.8) ⁴⁾	16 (142)	8.3 (73.5) ⁴⁾	9 ⁴⁾	1FK7083 - 5AH71-1 ■ ■ ■ ■	4	27.3 (0.0242)	14 (30.9)
6 000	20	0.05 (0.07)	0.18 (1.6)	0.08 (0.7)	0.85	1FK7011 - 5AK71-1 ■ ■ ■ 3	4	0.064 (0.00006)	0.9 (2)
		0.10 (0.13)	0.35 (3.1)	0.16 (1.4)	0.85	1FK7015 - 5AK71-1 ■ ■ ■ 3	4	0.083 (0.00007)	1.1 (2.4)
	28	0.43 (0.58)	0.85 (7.5)	0.6 (5.3)	1.4	1FK7022 - 5AK71-1 ■ ■ ■ ■	3	0.28 (0.0002)	1.8 (4)
	36	0.50 (0.67)	1.1 (9.7)	0.8 (7.1)	1.3	1FK7032 - 5AK71-1 ■ ■ ■ ■	3	0.61 (0.0005)	2.7 (6)
		0.63 (0.84)	1.6 (14.2)	1 (8.9)	1.3	1FK7034 - 5AK71-1 ■ ■ ■ ■	3	0.9 (0.0008)	3.7 (8.2)
	48	0.69 (0.92)	1.6 (14.2)	1.1 (9.7)	1.7	1FK7040 - 5AK71-1 ■ ■ ■ ■	4	1.69 (0.0015)	3.5 (7.7)
		1.02 (1.41) ⁵⁾	3 (27)	1.95 (17.3) ⁵⁾	3.1 ⁵⁾	1FK7042 - 5AK71-1 ■ ■ ■ ■	4	3.01 (0.0027)	4.9 (10.8)
Encoder systems:			Incremental encoder sin/cos 1 V _{pp} 2 048 S/R Absolute encoder EnDat 2 048 S/R ¹⁾ (only for 1FK704 ... 1FK710) Absolute encoder EnDat 512 S/R ¹⁾ (only for 1FK702 ... 1FK703) Absolute encoder EnDat 32 S/R ¹⁾ (only for 1FK704 ... 1FK710) Absolute encoder EnDat 16 S/R ¹⁾ (only for 1FK701 ... 1FK703) Multipole resolver 2-pole resolver				A E H G J S T		
Shaft extension: Fitted key and keyway Fitted key and keyway Plain shaft Plain shaft			Shaft and flange accuracy: Tolerance N Tolerance N Tolerance N Tolerance N		Holding brake: Without With Without With		A B G H		
Degree of protection:			IP64 (not for 1FK701) IP65 and IP67 drive end flange (not for 1FK701) IP64 (IP54 for 1FK701) and anthracite paint finish IP65 and IP67 drive end flange, anthracite paint finish (not for 1FK701) IP65 and IP67 drive end flange, anthracite paint finish and metal rating plate on motor (not for 1FK701)					0 2 3 5 8	

To select the degree of protection, see Selection guides.

Synchronous motors

Feed motors for SIMODRIVE 611

1FK7 Compact motors
Natural cooling

Selection and ordering data

Motor type (continued)	Static current I_0 at M_0 $\Delta T=100$ K A	Calculated power ⁹⁾ P_{calc} for M_0 $\Delta T=100$ K kW (HP)	SIMODRIVE 611 power module		Power cable with complete shield Motor connection and brake connection via power connector		
			Rated output current ⁸⁾ I_{rated} A	Order No.	Power connector	Cable cross- section ⁷⁾	Pre-assembled cable
					Size	mm ²	Order No.
1FK7101-5AC71...	12.3	5.7 (7.64)	18	For ordering data, see Converter system	1.5	4 x 1,5	6FX ■ 02- 5 ■ A21 -
1FK7103-5AC71...	14.7	7.5 (10.06)	18		1.5	4 x 1,5	6FX ■ 02- 5 ■ A21 -
1FK7105-5AC71...	20	10 (13.4)	28		1.5	4 x 2.5	6FX ■ 02- 5 ■ A31 -
1FK7042-5AF71...	2.2	0.9 (1.21)	3		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7060-5AF71...	4.5	1.9 (2.55)	5		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7063-5AF71...	8	3.5 (4.69)	9		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7080-5AF71...	4.8	2.5 (3.35)	5		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7083-5AF71...	10.4	5.0 (6.7)	9 ⁶⁾		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7100-5AF71...	11.2	5.7 (7.64)	18		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7101-5AF71...	19	8.5 (11.39)	18 ⁶⁾		1.5	4 x 2.5	6FX ■ 02- 5 ■ A31 -
1FK7103-5AF71...	27.5	11.3 (15.15)	28		1.5	4 x 4	6FX ■ 02- 5 ■ A41 -
1FK7105-5AF71...	31	15 (20.11)	28 ⁶⁾		1.5	4 x 10	6FX ■ 02- 5 ■ A61 -
1FK7060-5AH71...	6.2	2.8 (3.75)	9		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7063-5AH71...	12	5.2 (6.97)	18		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7080-5AH71...	7.4	3.8 (5.09)	9		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7083-5AH71...	15	7.5 (10.06)	18		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7011-5AK71...	1.5	0.11	3		0.5	4 x 1.5	6FX5002 - 5DA30 -
1FK7015-5AK71...	1.5	0.22	3		0.5	4 x 1.5	6FX5002 - 5DA30 -
1FK7022-5AK71...	1.8	0.5	3		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7032-5AK71...	1.7	0.7 (0.94)	3		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7034-5AK71...	1.9	1 (1.34)	3		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7040-5AK71...	2.25	1 (1.34)	3		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
1FK7042-5AK71...	4.4	1.9 (2.55)	5		1	4 x 1.5	6FX ■ 02- 5 ■ A01 -
Type of power cable:							
MOTION-CONNECT 800						8 0	
MOTION-CONNECT 700 (only <u>with</u> brake cores)						7 0	
MOTION-CONNECT 500						5 0	
MOTION-CONNECT 500 PLUS (only up to a cross-section of 6 mm ²)						5 1	
Without brake cores						C	
With brake cores						D	
For length code as well as power and signal cables, see connection system MOTION-CONNECT.							

¹⁾ If the absolute encoder is used, M_{rated} is reduced by 10 %.

²⁾ These values refer to $n = 2\,500$ rpm.

³⁾ These values refer to $n = 4\,000$ rpm.

⁴⁾ These values refer to $n = 3\,500$ rpm.

⁵⁾ These values refer to $n = 5\,000$ rpm.

⁶⁾ With the specified power module, the motor cannot be fully utilized at M_0 at $\Delta T=100$ K winding temperature rise. If a power module with a higher rating is used, you must check whether the specified power cable can be connected to it.

⁷⁾ The current carrying capacity of the power cables complies with EN 60204-1 for installation type C under continuous operating conditions at an ambient air temperature of 40 °C (104 °F).

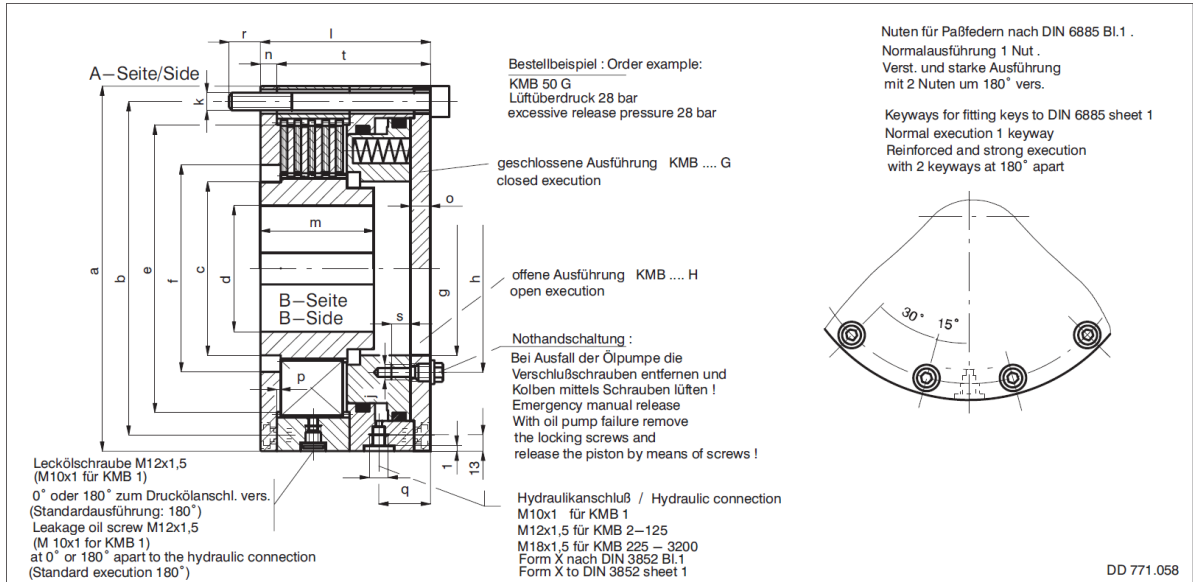
⁸⁾ For the default setting of pulse frequency.

⁹⁾ P_{calc} [kW] = $\frac{M_0$ [Nm] x n_{rated} }{9550} P_{calc} [HP] = $\frac{M_0$ [lb_f-in] x n_{rated} }{63000}

Příloha 3

Hydraulisch gelüftete Federdruck–Lamellenbremsen KMB Hydraulically released multi–disc spring–applied brakes KMB

Stromag



Bremsengröße/Brake size					KMB 1	KMB 2	KMB 5	KMB 12	KMB 32	KMB 50	KMB 80	KMB 125	KMB 225	KMB 550	KMB 800	KMB 1250	KMB 2500	KMB 3200
Bremsmomente/Brake torques*	starke Ausf. Strong exec.	Trockenlauf Mü Nm Dry operation Ms Nm	–	400 310	450 350	870 690	1300 1020	1900 1500	4200 3300	6500 5100	10000 8000	20000 15500	27000 20000	48000 38000	80000 64000	130000 100000		
		Naßlauf Mü Nm Wet operation Ms Nm	–	290 200	330 230	650 450	950 680	1400 1000	3100 2200	4700 3300	7500 5350	13800 10500	20000 15000	37500 28500	60000 46000	95000 68000		
		Luftüberdruck Exc. rel. pres. min bar	–	37	39	30	28	28	36	33	30	32	33	35	32	35		
	verst. Ausf. Reinf. exec.	Trockenlauf Mü Nm Dry operation Ms Nm	220 180	330 260	390 305	750 590	1050 825	1650 1350	3500 2750	5000 3900	8400 6600	11000 8700	20000 15000	29500 23000	56000 44000	92000 72000		
		Naßlauf Mü Nm Wet operation Ms Nm	165 115	240 170	290 205	550 385	780 550	1180 840	2600 1800	3650 2600	6000 4300	8500 6100	14000 11000	21500 15000	42500 30000	67000 48000		
		Luftüberdruck Exc. rel. pres. min bar	30	30–33	35–38	23–26	21–24	20–23	27–30	21–24	18–21	21–24	23–26	22–25	20–23	22–25		
	Normalausf. Norm. exec.	Trockenlauf Mü Nm Dry operation Ms Nm	125 100	165 130	200 160	500 390	870 680	1350 1060	2250 1800	4100 3250	6200 4850	8500 6700	13000 10000	20000 16000	43000 34000	62500 50000		
		Naßlauf Mü Nm Wet operation Ms Nm	90 65	120 85	150 110	370 260	630 450	960 670	1600 1150	3000 2350	4500 3200	6300 4500	10000 7000	15000 10500	31500 22500	46000 32500		
		Luftüberdruck Exc. rel. pres. min bar	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	15–18	
	Luftüberdruck Exc. rel. pres.		max	bar	min ⁻¹	320 5200	320 5000	320 5000	320 3500	320 3000	320 2700	320 2500	320 2000	320 1500	320 1200	320 1000	320 900	320 600
Hubvolumen/Working vol. Neuzustand/New cond.		cm ³ cm ³	1,3 5,0	2 4,5	4,8 8,5	6 15	8 21	13 32	20 43	27 73	31 84	85 200	120 245	180 435	300 700	450 1150		
Massenträgheitsmoment J Mass mom. of inertia J (B–Seite/Side)		kgm ² kg	0,0001 7 3,6	0,0003 7 6	0,0003 7 7,5	0,0011 2 11,5	0,0045 16	0,0075 22,5	0,0187 5 31,5	0,0567 5 51	0,1225 71,5	0,255 120	0,672 160	1,226 240	4,07 555	5,60 815		
Gewicht/Weight																		
Durchmesser mm Diameters mm		a f7	105	120	130	155	160	180	205	245	290	345	400	480	555	710	770	
		b	90	100	110	135	140	160	185	220	265	315	370	440	510	665	710	
		c	50	51	51	70	84	104	118	142	176	210	235	290	375	428	428	
		d vorgeb.	15	15	15	18	20	30	40	60	70	70	80	90	100	100	100	
		d H7 max	30	30	35	45	55	65	90	110	140	150	190	210	300	320	320	
		e H8	72,2	81	81	112	95	112	130	152	190	235	285	315	435	445	445	
		f	57	56	56	82	85	95	120	140	165	185	240	250	395	420	420	
		g H7	44	45	50	65	109	109	160	159	220	227	265	295	434	461	461	
		h	59	62	68	86	2xM8	2xM8	2xM10	2xM12	2xM12	2xM12	3xM12	3xM16	3xM16	3xM24	3xM24	
		j	2xM6	2xM6	2xM6	2xM8	2xM8	2xM8	2xM10	2xM12	2xM12	2xM12	3xM12	3xM16	3xM16	3xM24	3xM24	
		k	12xM6	12xM6	12xM8	12xM8	12xM8	12xM10	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12	12xM12
Längen mm Lengths mm		l	66	80	80	90	95	100	110	135	145	165	195	225	255	287	287	
		m	38	50	50	52	55	60	68	90	95	105	110	125	160	200	200	
		n	6	8	8	8	9	11	13	15	17	22	22	25	37	37	37	
		o	9	10	10	10	11	11	14	16	18	20	25	30	30	47	47	
		p	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		q	22	27	27	30,5	33	33	36,5	41	44,5	58	62	75	88	108	108	
		r	14	10	10	20	15	20	20	25	25	25	25	35	41	49	49	
		s	8	10	10	12	12	16	16	20	20	20	25	35	35	40	40	
		t	61	72	72	82	86	91	99	122	130	148	173	203	230	250	250	

*Bremsen mit anderen Bremsmomenten und Luftüberdrücken bei gleichen Abmessungen lieferbar.
Maß– bzw. Konstruktionsänderungen vorbehalten

*Brakes with other brake torques and excess release pressure but same dimensions available.
Subject to dimensional or constructional modifications.

Příloha 4

RCN 200 Series

- Integrated stator coupling
- Hollow through shaft $\varnothing 20$ mm
- System accuracy $\pm 5''$ and $\pm 2.5''$

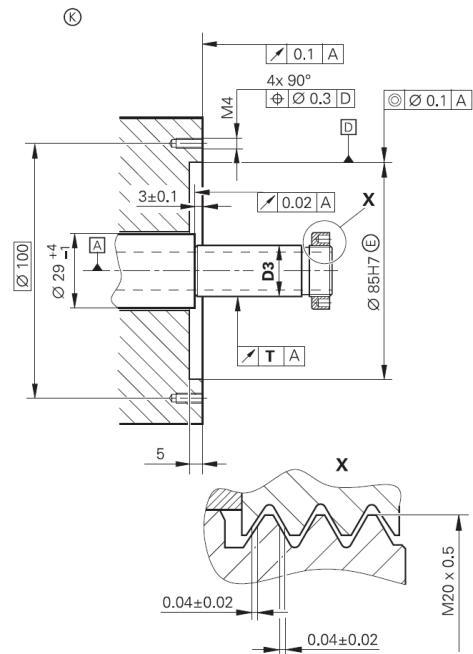
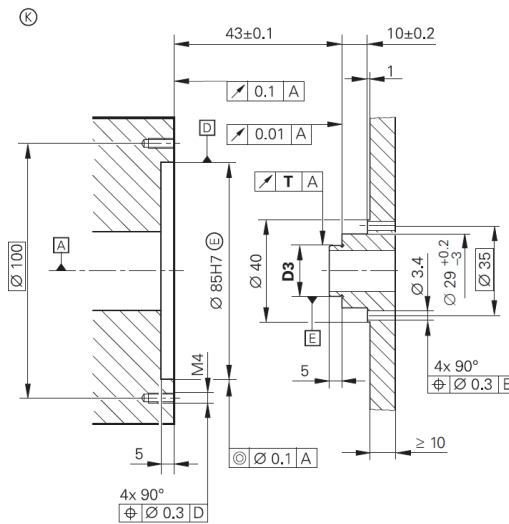
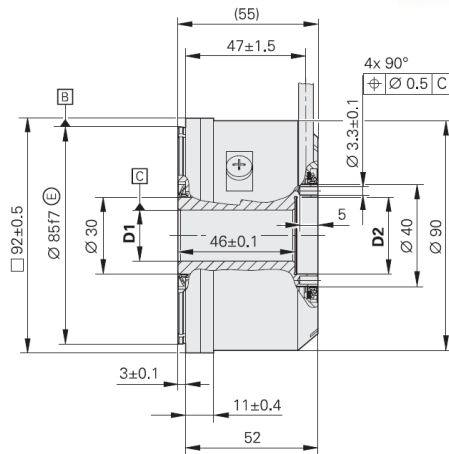
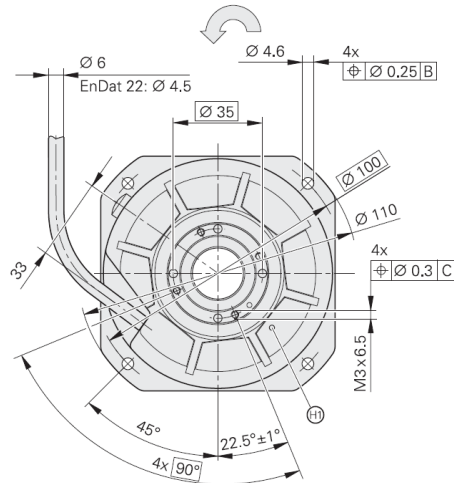
Dimensions in mm



Tolerancing ISO 8015

ISO 2768 - m H

< 6 mm: ± 0.2 mm



Cable radial, also usable axially

⊠ = Bearing

⊗ = Required mating dimensions

⊙ = Mark for 0° position ($\pm 5^\circ$)

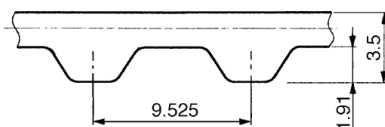
↻ Direction of shaft rotation for output signals as per the interface description

System accuracy	$\pm 2.5''$	$\pm 5''$
D1	$\varnothing 20H6 \text{ } \textcircled{E}$	$\varnothing 20H7 \text{ } \textcircled{E}$
D2	$\varnothing 30H6 \text{ } \textcircled{E}$	$\varnothing 30H7 \text{ } \textcircled{E}$
D3	$\varnothing 20g6 \text{ } \textcircled{E}$	$\varnothing 20g7 \text{ } \textcircled{E}$
T	0.01	0.02

	Absolute			
	RCN 228 RCN 226		RCN 227F RCN 223F	RCN 227M RCN 223M
Absolute position values	EnDat 2.2	EnDat 2.2	Fanuc serial interface	Mitsubishi High Speed Serial Interface
Ordering designation*	EnDat 22	EnDat 02	Fanuc 02	Mit 02-4
Positions per revolution	RCN 228: 268435456 (28 bits) RCN 226: 67 108864 (26 bits)		RCN 227: 134 217 728 (27 bits) RCN 223: 8388608 (23 bits)	
Elec. permissible speed	≤ 1 500 min ⁻¹			
Clock frequency	≤ 8 MHz	≤ 2 MHz	–	
Calculation time t _{cal}	5 μs		–	
Incremental signals	–	~ 1 V _{pp}	–	
Line count	–	16 384	–	
Cutoff frequency –3 dB	–	≥ 180 kHz	–	
Recommended measuring step for position measurement	0.0001°			
System accuracy*	RCN 228: ± 2.5" RCN 226: ± 5"		RCN 227F: ± 2.5" RCN 223F: ± 5"	RCN 227M: ± 2.5" RCN 223M: ± 5"
Power supply Without load	3.6 V to 5.25 V at encoder/max. 350 mA			
Electrical connection	Cable 1 m, with coupling M12	Cable 1 m, with M23 coupling	Cable 1 m, with M23 coupling	
Max. cable length ¹⁾	150 m		30 m	
Shaft	Hollow through shaft D = 20 mm			
Mech. perm. speed	≤ 3000 min ⁻¹			
Starting torque	≤ 0.08 Nm at 20 °C			
Moment of inertia of rotor	73 · 10 ⁻⁶ kgm ²			
Natural frequency	≥ 1 200 Hz			
Permissible axial motion of measured shaft	± 0.1 mm			
Vibration 55 to 2000 Hz Shock 6 ms	≤ 100 m/s ² (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s ² (EN 60068-2-27)			
Operating temperature	For accuracy of ± 2.5": 0 to 50 °C For accuracy of ± 5": Moving cable –10 to 70 °C Stationary cable: –20 to 70 °C			
Protection EN 60529	IP 64			
Weight	Approx. 0.8 kg			


Příloha 5

Ozubený řemen L Rozteč 3/8" (9.525 mm)		Materiál
		Neoprén



Šířka řemene 100 (1" = 25.4 mm)							
Obj. číslo	Značení	Počet zubů z	Výpočtová délka mm		Obj. číslo	Značení	Výpočtová délka mm
T 23761	124 L 100	33	314.96		T 23769	285 L 100	723.90
T 26557	135 L 100	36	342.90		T 23770	300 L 100	762.00
T 23762	150 L 100	40	381.00		T 23771	322 L 100	817.88
T 43080	165 L 100	44	419.10		T 23772	345 L 100	876.30
T 43081	169 L 100	45	429.26		T 23773	367 L 100	932.18
T 43082	172 L 100	46	436.88		T 23774	390 L 100	990.60
T 23763	187 L 100	50	474.98		T 43087	405 L 100	1028.70
T 43083	202 L 100	54	513.08		T 23775	420 L 100	1066.80
T 23764	210 L 100	56	533.40		T 23776	450 L 100	1143.00
T 23765	225 L 100	60	571.50		T 43088	461 L 100	1170.94
T 43084	236 L 100	63	599.44		T 23777	480 L 100	1219.20
T 23766	240 L 100	64	609.60		T 23778	510 L 100	1295.40
T 43085	244 L 100	65	619.76		T 23779	540 L 100	1371.60
T 43086	251 L 100	67	637.54		T 23780	600 L 100	1524.00
T 23767	255 L 100	68	647.70		T 43089	630 L 100	1600.20
T 23768	270 L 100	72	685.80		T 43090	660 L 100	1676.40


Rozměry uvedeny v mm.



Upínací pouzdra

Clamping Elements

RCK 15



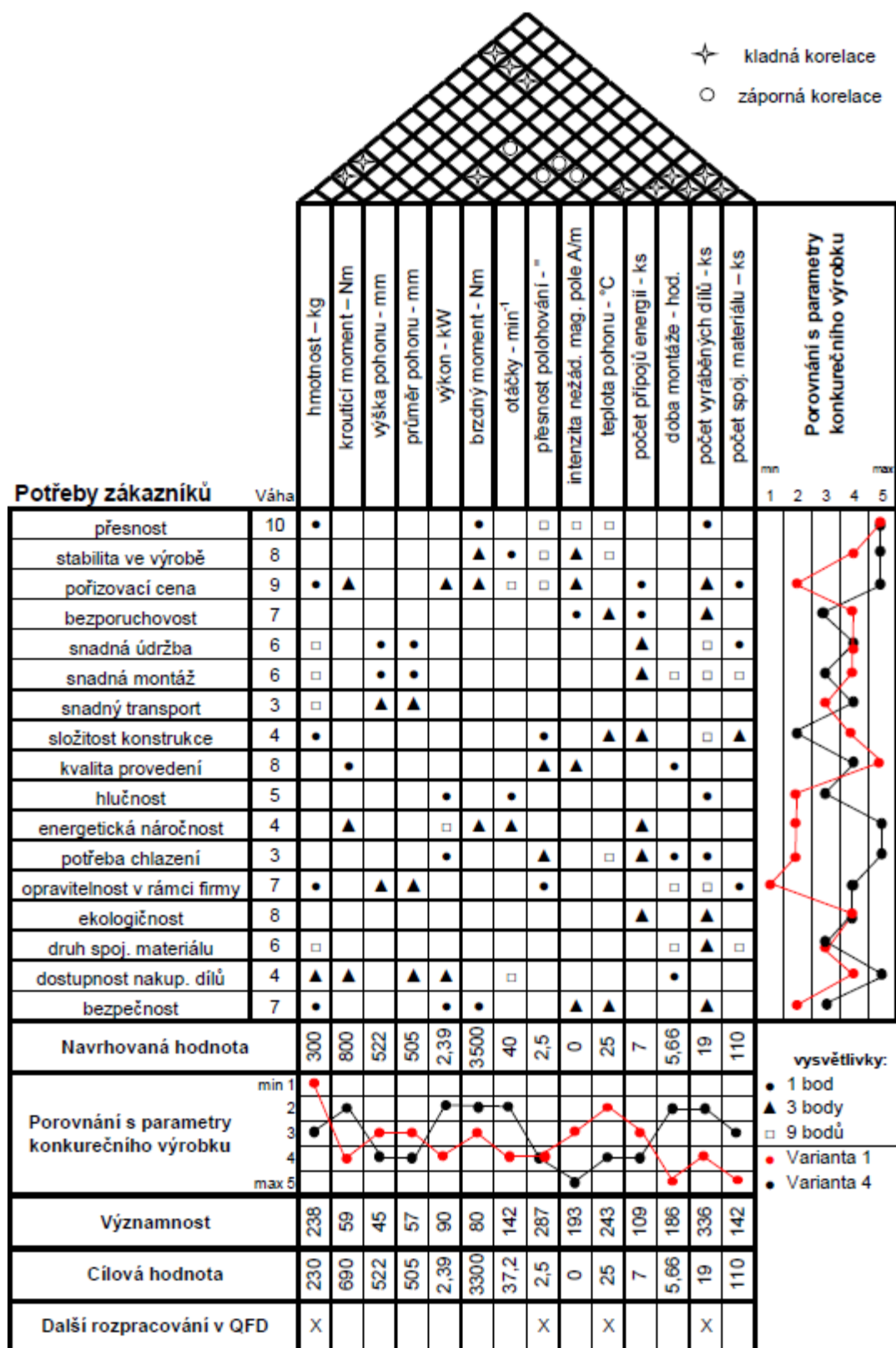
RCK 15 - Samostředící/Self-centring
Pro střední zatížení/For Standard Hubs

Doporučená tolerance: Hřídel-h8, Náboj-H8
Recommended tolerances: Shaft-h8, Hub-H8
Drsnost povrchu: Rt max. 16µm
Clamping surfaces: Rtmax. 16µm
Materiál: ST = ocel C43 / ST = steel C43

Upínací pouzdra RCK15 - samostředící / Clamping Elements RCK15 - Self-centring

Označení / Obj.č. Part.No.	Rozměry / Dimensions						Moment/ Torque Mt [Nm]	Tlak/Pressure		Up.šrouby/Clamp. Screws			Uvolň./Extr.		Hmot/ Weight [kg]
	d	D	L1	L2	L3	L		Hř./Shaft	Náb./Hub	Počet/ No.	Typ/ Type	Moment/ Torq.Nm	Typ/ Type	Počet/ No.	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[N/mm2]	[N/mm2]						
RCK15-14x55	14	55	17	22	31	39	290	458	118	4	M8x25	41	M8	2	0.51
RCK15-16x55	16	55	17	22	31	39	320	400	118	4	M8x25	41	M8	2	0.49
RCK15-18x55	18	55	17	22	31	39	360	356	118	4	M8x25	41	M8	2	0.48
RCK15-19x55	19	55	17	22	31	39	380	337	118	4	M8x25	41	M8	2	0.47
RCK15-20x55	20	55	17	22	31	39	400	320	118	4	M8x25	41	M8	2	0.47
RCK15-22x55	22	55	17	22	31	39	440	290	118	4	M8x25	41	M8	2	0.45
RCK15-24x55	24	55	17	22	31	39	480	265	118	4	M8x25	41	M8	2	0.44
RCK15-25x55	25	55	17	22	31	39	500	255	118	4	M8x25	41	M8	2	0.43
RCK15-28x55	28	55	17	22	31	39	560	228	118	4	M8x25	41	M8	2	0.41
RCK15-30x55	30	55	17	22	31	39	600	213	118	4	M8x25	41	M8	2	0.40
RCK15-24x65	24	65	17	22	31	39	620	332	122	5	M8x25	41	M8	3	0.68
RCK15-25x65	25	65	17	22	31	39	640	320	122	5	M8x25	41	M8	3	0.63
RCK15-28x65	28	65	17	22	31	39	720	285	122	5	M8x25	41	M8	3	0.61
RCK15-30x65	30	65	17	22	31	39	770	267	122	5	M8x25	41	M8	3	0.58
RCK15-32x65	32	65	17	22	31	39	820	250	122	5	M8x25	41	M8	3	0.56
RCK15-35x65	35	65	17	22	31	39	900	228	122	5	M8x25	41	M8	3	0.53
RCK15-38x65	38	65	17	22	31	39	980	210	122	5	M8x25	41	M8	3	0.50
RCK15-40x65	40	65	17	22	31	39	1030	200	122	5	M8x25	41	M8	3	0.47
RCK15-30x80	30	80	20	25	33	41	1080	315	120	7	M8x25	41	M8	3	1.04
RCK15-32x80	32	80	20	25	33	41	1150	298	120	7	M8x25	41	M8	3	1.03
RCK15-35x80	35	80	20	25	33	41	1260	272	120	7	M8x25	41	M8	3	0.98
RCK15-38x80	38	80	20	25	33	41	1370	250	120	7	M8x25	41	M8	3	0.94
RCK15-40x80	40	80	20	25	33	41	1440	238	120	7	M8x25	41	M8	3	0.91
RCK15-42x80	42	80	20	25	33	41	1510	226	120	7	M8x25	41	M8	3	0.89
RCK15-45x80	45	80	20	25	33	41	1620	212	120	7	M8x25	41	M8	3	0.83
RCK15-48x80	48	80	20	25	33	41	1730	198	120	7	M8x25	41	M8	3	0.79
RCK15-50x80	50	80	20	25	33	41	1800	190	120	7	M8x25	41	M8	3	0.74
RCK15-40x80	40	80	20	25	33	41	2150	340	169	10	M8x25	41	M8	4	0.89
RCK15-45x80	45	80	20	25	33	41	2420	302	169	10	M8x25	41	M8	4	0.85
RCK15-50x80	50	80	20	25	33	41	2700	272	169	10	M8x25	41	M8	4	0.78

metoda QFD



ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

FMEA číslo 12011
Str.: 1 z 6

____Systém

☒ Podsystem

____Součást

pohon osy-B 010-060-008

Typ stroje/rok

PHC-630-4X-2P

Odpovědnost za návrh

vývoj a konstrukce strojů

Zpracoval

Michal Chytrý

Rozhodné datum

Dat. zprac. (orig.)

2.4.2011 (rev.)

Řešitelský tým **Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku**

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhaliitelnost	rizikové č. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	výskyt	odhaliitelnost	rizikové č. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $n_{max} = 37,19 \text{ ot/min}$ přesnost poloh. 2,5" $M_k = 689,7 \text{ N.m}$ ----- vytvoření rotačního pohybu</p>	korozí pohonu	<p>snížená životnost pohonu, zvýšení tření v pohonu, zhoršený vzhled, omezení funkce pohonu</p>	8		<p>zvoleno chybné těsnění v rotačním převodu</p>	5	"O" zkouška život. těsnění, "O" zkouška těsnosti pohonu	4	160	tlaková zkouška celého pohonu	středisko vývoje a konstrukce					
			7		<p>zvoleno nedostatečné utěsnění skříňné osy-B v prac. prostoru</p>	4	"O" zkouška těsnosti pohonu	6	168	dlouhodobá zkouška těsnosti v agresivním prostředí	středisko vývoje a konstrukce					
			8		<p>zvolena chybná dim. hadice, přivádějící chl. kap.</p>	4	"P" tlaková zkouška	3	96	nastavení vyšších tlaků při tlakové zkoušce	středisko montáže					
			6		<p>zvolena nedostatečná impregnace pohonu</p>	6	"O" zkouška životnosti mechanických částí pohonu	5	180	zvolit laboratorní zkoušku impregnace	středisko vývoje a konstrukce					
			8		<p>nesprávně zvolený spodní kryt osy-B</p>	4	"O" zkouška těsnosti pohonu	3	96	zkouška funkčnosti krytu mimo pracovní prostor	středisko montáže					

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

FMEA číslo 12011

Str.: 2 z 6

____Systém

☒ Podsystem

Součást pohon osy-B 010-060-008

Typ stroje/rok PHC-630-4X-2P

Odpovědnost za návrh vývoj a konstrukce strojů

Rozhodné datum

Zpracoval Michal Chytrý

Dat. zprac. (orig.) 2.4.2011 (rev.)

Řešitelský tým Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	vyskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhlaťitelnost	rizikové č. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	vyskyt	odhlaťitelnost	rizikové č. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $n_{max} = 37,19 \text{ ot/min}$ přesnost poloh. 2,5" $M_k = 689,7 \text{ N.m}$ ----- vytvoření rotačního pohybu</p>	přetížení motoru	snížená životnost pohonu - omezení funkce pohonu	9		chybně zvolený motor	5	"O" návrh motoru od externího dodavatele	3	135	vlastní kontrola návrhu motoru	síředisko vývoje a konstrukce					
			8		chybně zvolená převodovka SPINEA	4	"O" návrh převodovky od externího dodavatele	3	96	vlastní kontrola návrhu převodovky	síředisko vývoje a konstrukce					
			6		chybně zvolené předeprnutí na těsnění rot. přívodu	4	"O" návrh těsnění dodavatelem těsnění	5	120	kontrola tření v rotačním členu	stedisko montáže					
			9		sepnutí brzdy v době chodu motoru	3	"P" blokace kroku v PLC systému, který spíná brzdu	4	108	kontrola PLC systému	síředisko vývoje a konstrukce					
			8		chybně zvolená max. přípustná hmotnost obrobku	5	"P" výpočet max. zatížení pohonu	4	160	kontrola zatížení pohonu	síředisko vývoje a konstrukce					

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

FMEA číslo 12011
Str.: 3 z 6

____Systém
☒ Podsystem

____Součást **pohon osy-B 010-060-008**
Typ stroje/rok **PHC-630-4X-2P**

Odpovědnost za návrh **vývoj a konstrukce strojů** Zpracoval **Michal Chytrý**
Rozhodné datum **2.4.2011** (rev.)

Řešitelský tým **Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku**

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	vyskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhaliitelnost	rizikové č. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	vyskyt	odhaliitelnost	rizikové č. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $n_{max} = 37,19 \text{ ot/min}$ přesnost poloh. $2,5''$ $M_k = 689,7 \text{ N.m}$ ----- vytvoření rotačního pohybu</p>	nedostatečný brzdny moment	snížená tuhost pohonu při obrábění	7		chybně zvolené brzda	3	"O" zkouška pohonu	5	105	výpočet potřebného brzdného momentu	sifedisko vývoje a konstrukce					
			7		chybně zvolený ovládací tlak v brzdě	4	"O" zkouška pohonu	6	168	konzultace s výrobcem brzd	sifedisko vývoje a konstrukce					
	zkratování motoru	nefunkčnost pohonu	8		chybná konstrukce krytu motoru	5	"O" zkouška těsnosti pohonu	3	120	zkouška těsnosti skříně osy-B mimo stroj	sifedisko vývoje a konstrukce					
			7		chybně zvolené uložení napájecích kabelů	6	"O" zkouška pohonu	3	126	zkouška pohybu osy-B ve směru osy X	sifedisko vývoje a konstrukce					
			6		uložení motoru příliš blízko vaně s řeznou emulzí	3	"O" zkouška pohonu	3	54	symulace uložení motoru v pracovní prostor stroje	sifedisko vývoje a konstrukce					

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

FMEA číslo 12011
Str.: 4 z 6

 Systém

☒ Podsystem

Součást pohon osy-B 010-060-008

Typ stroje/rok PHC-630-4X-2P

Odpovědnost za návrh

Rozhodné datum

vývoj a konstrukce strojů

Zpracoval

Michal Chytrý

Dat. zprac. (orig.) 2.4.2011 (rev.)

Řešitelský tým Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	výskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové č. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	výskyt	odhalitelnost	rizikové č. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $\eta_{\max} = 37,190t/min$ přesnost poloh. 2,5" $M_k = 689,7 \text{ N.m}$ vytvoření rotačního pohybu</p>	nesprávné odměřování pohonu	snížená přesnost pohonu	7		chybně zvolené uložení RCN 226 odměřování	4	"O" zkouška pohonu	2	56	bez opatření	středisko vývoje a konstrukce					
			6		velký zkrut hřídele přenášení krouťící moment	5	"O" výpočet zkrutu hřídele	4	120	kontrola pomocí MKP	středisko vývoje a konstrukce					
	destrukce pohonu	nefunkčnost pohonu	8		chybně zvolený materiál mechanických částí pohonu	4	"O" zkouška životnosti pohonu	3	96	kontrola pomocí MKP	středisko vývoje a konstrukce					
			8		chybně zvolený spojovací materiál	3	"O" zkouška životnosti pohonu	3	72	kontrola pomocí MKP	středisko vývoje a konstrukce					
			9		chybně zvolené těsnění	3	"O" zkouška životnosti pohonu	3	81	konzultace s výrobcem	středisko vývoje a konstrukce					

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

FMEA číslo 12011
Str.: 5 z 6

____ Systém

☒ Podsystem

Součást pohon osy-B 010-060-008

Typ stroje/rok PHC-630-4X-2P

Odpovědnost za návrh

Rozhodné datum

vývoj a konstrukce strojů

2.4.2011 (rev.)

Zpracoval

Michal Chytrý

Řešitelský tým Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	vyskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhlaťlnost	rizikové č. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	vyskyt	odhlaťlnost	rizikové č. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $\eta_{max} = 37,190t/min$ přesnost poloh. 2,5" $M_k = 689,7 N.m$ ----- vytvoření rotačního pohybu</p>	přetížení tažného vlákna ozubeného řemenu	snížení životnosti řemenu	6		zvolen malý průměr řemence	3	"O" návrh průměru řemence dle doporučení výrobce	3	54	přepočítat maximální vnější průměr řemence						
			6		velké rázové zatížení	4	"O" zkouška životnosti řemenu	4	96	zvolit řemen umožňující větší zatížení						
	tvoreni trhlín v ozubeném řemenu		5		zvolen malý průměr řemence	3	"O" návrh průměru řemence dle doporučení výrobce	3	45	přepočítat maximální vnější průměr řemence						
	předčasně opotřebení zubů		7		agresivní chemikálie dlouhodobě působící	5	"O" zkouška odolnosti řemenu proti chemikáliím	5	125	kontrola těsnosti krytu motoru a řemenu						
					velké rázové zatížení	3	"O" zkouška životnosti řemenu	4	84	zvolit řemen umožňující větší zatížení						

ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD A JEJICH DŮSLEDKŮ (FMEA NÁVRHU)

____Systém

☒ Podsystem

____Součást

pohon osy-B 010-060-008

Typ stroje/rok

PHC-630-4X-2P

Odpovědnost za návrh

vývoj a konstrukce strojů

Zpracoval

Michal Chytrý

Rozhodné datum

Dat. zprac. (orig.)

2.4.2011 (rev.)

Řešitelský tým **Michal Chytrý - konstruktér, Martin Kukačka - šéfkonstruktér, Josef Bernard - jednatel a ředitel firmy, Jiří Macák - vedoucí tech. úseku**

FMEA číslo

12011

Str.: **6** z **6**

PRVEK / funkce	možná závada	následky závady	závažnost	kvalifikace	příčiny závady	vyskyt	stávající způsob posuzování návrhu	odhalitelnost	rizikové c. UPR	doporučená opatření	odpovědnost, termín opatření	provedená opatření	význam	vyskyt	odhalitelnost	rizikové c. UPR
<p>pohon osa-B 010-060-008 (varianta 4) $n_{max} = 37,19 \text{ ot/min}$ přesnost poloh. 2,5" $M_k = 689,7 \text{ N.m}$ ----- vytvoření rotačního pohybu</p>	předčasné opotřebení zubů	snížení životnosti řemenice	7		zvolen špatný materiál řemenice	4	"O" zkouška životnosti řemenice	4	112	použit otěruvzdorný materiál						
			7		chybně zvolené předepnutí řemene	4	"O" napínání dle zkoušenosti	6	168	určit správné napnutí řemene dle výrobce						
	opotřebení řemenice	snížení životnosti řemenice	6		příliš nečistot v pohonu	5	"O" zkouška těsnosti pohonu	5	150	kontrola těsnosti						
			6		přílišné napnutí řemene	4	"O" napínání dle zkoušenosti	6	144	určit správné napnutí řemene dle výrobce						
			6		velké rázové zatížení	3	"O" zkouška životnosti řemenice	4	72	zvolit řemen umožňující větší zatížení						